

Dr. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

THERMO EKONOMI dan PENGARUH GEOPOLITIK :

Perang dagang AS-China, Krisis Energi
akibat Blokade Selat Hormuz dan Sanksi Gas Rusia



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



Dr. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

THERMO EKONOMI dan PENGARUH GEOPOLITIK :

**Perang dagang AS-China, Krisis Energi
akibat Blokade Selat Hormuz dan Sanksi Gas Rusia**



ISBN 978-634-7695-21-5 (PDF)



9

786347

695215



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

Jl. Majapahit No. 605 Semarang

Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

**THERMO EKONOMI dan PENGARUH GEOPOLITIK :
Perang dagang AS-China, Krisis Energi akibat Blokade Selat Hormuz
dan Sanksi Gas Rusia**

Penulis :

Dr. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

ISBN : 978-634-7695-21-5 (PDF)

Editor :

Dr. Joseph Teguh Santoso, S.Kom., M.Kom.

Penyunting :

Dr. Mars Caroline Wibowo. S.T., M.Mm.Tech

Desain Sampul dan Tata Letak :

Irdha Yuniato, S.Ds., M.Kom

Penebit :

Yayasan Prima Agus Teknik Bekerja sama dengan
Universitas Sains & Teknologi Komputer (Universitas STEKOM)

Anggota IKAPI No: 279 / ALB / JTE / 2023

Redaksi :

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

Distributor Tunggal :

Universitas STEKOM

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : info@stekom.ac.id

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara
apapun tanpa ijin dari penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya buku ini, *“Thermo Ekonomi dan Pengaruh Geopolitik”*. Buku ini lahir dari keinginan untuk memahami secara mendalam hubungan antara energi, nilai tukar, informasi, dan dinamika ekonomi sistemik yang membentuk tatanan global saat ini. Dalam buku ini, pembaca akan dibimbing melalui rangkaian analisis konseptual dan empiris, mulai dari fondasi teori nilai hingga aplikasi sistemik dalam konteks ekonomi global, termasuk pembangunan Tiongkok, hegemonisasi Amerika Serikat, hingga krisis energi di Selat Hormuz.

Seiring waktu, manusia selalu menghadapi dilema yang kompleks terkait energi, nilai, informasi, dan keputusan ekonomi. Buku ini, *“Thermo Ekonomi dan Pengaruh Geopolitik”*, lahir dari kebutuhan untuk memahami bagaimana sistem energi dan ekonomi global saling terhubung, membentuk dinamika yang sering kali tampak misterius dan penuh kontradiksi. Judul buku ini sengaja dipilih untuk menggambarkan tantangan besar ‘monster’ yang dihadapi manusia modern: krisis energi, ketidakstabilan finansial, transformasi teknologi, dan tekanan geopolitik.

Bab pertama, Menuju Teori Nilai Tukar Sistemik, membawa pembaca ke fondasi teori yang menjadi kerangka utama buku ini. Dari pengenalan Energetika Nilai Guna & Nilai Tukar, hingga Teori Nilai Klasik-Sraffian Energetik, pembaca diajak memahami bagaimana energi berperan sebagai dasar nilai dalam sistem ekonomi. Sub-bab Arsitektur Nilai dan Arsitektur Sistemik Nilai menyoroti struktur kompleks yang membentuk interaksi ekonomi, sedangkan Reproduksi Dinamis dan Akumulasi Sistemik menekankan pentingnya pertumbuhan yang berkelanjutan dan stabil. Bab ini ditutup dengan Teorema Nilai Tukar Sistemik, sebuah pijakan teoritis untuk membaca seluruh fenomena ekonomi energi dalam buku ini.

Bab kedua, Energi, Uang, dan Informasi, memperdalam pemahaman tentang bagaimana energi, dalam bentuk surplus dan potensi, diubah menjadi klaim finansial melalui uang dan informasi. Dari konsep Energi Sebagai Nilai dalam Gerakan, hingga analisis Energi Surplus, Entropi, dan Makna Kelimpahan, pembaca akan melihat keterkaitan mendasar antara fisika dan ekonomi. Sub-bab tentang teori Shannon dan dinamika upah-laba menunjukkan bagaimana informasi menjadi penghubung antara energi fisik dan nilai finansial, serta bagaimana alokasi moneter dan maladaptasi memengaruhi sistem secara keseluruhan.

Bab ketiga hingga keenam mengajak pembaca menelusuri rantai pasok, keteraturan sistem gelombang panjang, dinamika informasi, serta realisasi laba dan likuiditas. Bab-bab ini menguraikan bagaimana produksi dan distribusi energi bekerja secara sistemik, bagaimana osilasi ekonomi muncul, dan bagaimana modal fiktif serta distribusi surplus memengaruhi kapasitas pasar dan stabilitas sistem. Pembaca diperkenalkan pada konsep metabolisme energi melalui informasi, dan bagaimana struktur sektor dan kekuatan pasar membentuk kesehatan ekonomi secara makro.

Bab tujuh hingga sembilan menyoroti Entropi & Kelangkaan Sistemik, Energi–Kredit–Informasi–Modal Fiktif Sistemik, dan pembangunan Tiongkok. Bab-bab ini memperlihatkan

asimetri distribusi energi, peran informasi dalam menghubungkan energi dan modal, serta strategi pembangunan yang memanfaatkan supermultiplier dan EROEI. Analisis pembangunan Tiongkok menunjukkan bagaimana nilai tukar sistemik bekerja dalam praktik, mulai dari rantai pasok hingga surplus energi, kredit, dan penutupan institusional.

Bab sepuluh hingga dua belas menggali lebih dalam dalam sistem industri dan properti Tiongkok. Diskusi tentang Sraffa, rantai pasok, reproduksi nilai, percepatan kredit, kontraksi properti, dan tabungan rumah tangga menunjukkan bagaimana prinsip ekonomi sistemik berinteraksi dengan kebijakan fiskal, liberalisasi cepat, dan dinamika sosial-ekonomi. Pembaca akan melihat bukti empiris melalui studi hukou dan supermultiplier Sraffian, yang menjelaskan mekanisme pertumbuhan, distribusi, dan stabilitas dalam skala nasional.

Bab tiga belas hingga enam belas menguraikan interaksi antara keuntungan, produksi, efisiensi energi sistemik, EROEI, transisi energi global, dan AI. Bab-bab ini menunjukkan bagaimana ekspansi likuiditas, distribusi sektor, dan transformasi struktural berjalan beriringan dengan inovasi teknologi. Peran AI dalam mengoptimalkan jalur energi, ko-optasi hardware-lunak, dan manajemen sumber daya langka menyoroti tantangan dan peluang dalam ekonomi modern yang semakin kompleks. Selain itu, rezim akumulasi SEV menampilkan pola global dalam alokasi likuiditas dan sirkuit modal fiktif, serta menekankan peran Tiongkok dalam keseimbangan sistemik.

Bab tujuh belas hingga dua puluh menutup buku dengan pembahasan utang, likuiditas, ekonomi politik termodinamika, fase terminal hegemoni AS, dan krisis energi di Selat Hormuz. Sub-bab membahas konvergensi uang publik dan swasta, ketidakstabilan lambat dan cepat, serta implikasi kebijakan dan strategi global. Bab terakhir menyoroti posisi Indonesia dan negara pengimpor energi, dampak krisis energi global, serta strategi ketahanan energi. Analisis ini menekankan pentingnya memahami hubungan antara geopolitik, energi, informasi, dan nilai tukar sistemik sebagai alat untuk membaca dinamika global dan mengambil keputusan yang tepat.

Buku ini disusun tidak hanya sebagai bacaan akademik, tetapi juga sebagai panduan bagi pembaca yang ingin memahami ekonomi energi dan sistemik secara menyeluruh. Dengan kombinasi teori, analisis empiris, dan studi kasus nyata, buku ini diharapkan menjadi sumber inspirasi dan referensi bagi akademisi, peneliti, pembuat kebijakan, praktisi energi, dan pembaca luas yang ingin menavigasi kompleksitas ekonomi modern, memahami tantangan energi global, serta melihat interaksi sistemik antara teknologi, modal, dan geopolitik.

Semarang, April 2026

Penulis

Dr. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 MENUJU TEORI NILAI TUKAR SISTEMIK	1
1.1 Energetika Nilai Guna & Nilai Tukar	1
1.2 Teori Nilai Klasik-Sraffian Energetik.....	2
1.3 Arsitektur Nilai	3
1.4 Arsitektur Sistemik Nilai.....	6
1.5 Reproduksi Dinamis Dan Akumulasi Sistemik.....	9
1.6 Perbandingan Dengan Teori Nilai Neoklasik	12
1.7 Teorema Nilai Tukar Sistemik.....	15
1.8 Ringkasan	17
BAB 2 ENERGI, UANG, DAN INFORMASI	18
2.1 Energi Sebagai Nilai Dalam Gerakan	18
2.2 Dari Surplus Ke Energi Potensial Yang Tersedia (AEP).....	19
2.3 Energi Surplus, Entropi, Dan Makna Kelimpahan	20
2.4 Uang: Klaim Informasi Atas Energi.....	21
2.5 Teori Shannon: Energi & Informasi Terpadu	22
2.6 Dinamika Surplus, Uang, Dan Upah-Laba	24
2.7 Alokasi Moneter, Maladaptasi, Dan Lintasan Eroei	26
2.8 Beberapa Implikasi Teoretis	27
2.9 Kesimpulan.....	31
BAB 3 RANTAI PASOKAN DI SEV	34
3.1 Pendahuluan	34
3.2 Kritik Sraffa Terhadap Teori Marshall	35
3.3 Interpretasi Sraffa Dalam Rantai Pasok.....	37
3.4 Melampaui TFP – Kelayakan Jaringan Dan Surplus	40
3.5 Landasan Energi Dan Sosial Produksi	42
BAB 4 KETERATURAN SISTEM GELOMBANG PANJANG.....	46
4.1 Pendahuluan	46
4.2 Teori Nilai Termodinamika Ditinjau Kembali.....	48
4.3 Reproduksi Sistemik – Fungsi Kondratiev	52
4.4 Produksi Leontief - Ketergantungan Sistemik	54
4.5 Informasi Sebagai Metabolisme Energi	57
4.6 Keuangan, Modal Fiktif, Dan Kebisingan Informasi	59
4.7 Sistem SEV–Leontief–Keuangan	63
4.8 Osilasi Sistemik Dan Jalur Transformasi.....	67
4.9 Ringkasan	71

BAB 5	DINAMIKA INFORMASI & TERMODINAMIKA SISTEM	76
5.1	Pendahuluan	76
5.2	Termodinamika, Informasi, Dan Nilai Tukar Sistemik	77
5.3	Definisi Termodinamika	78
5.4	Biaya Kelebihan Produksi Informasi.....	78
5.5	Negentropi Dan Potensi Utilitas Informasi	79
5.6	Skala, Temporalitas, Dan Interaksi	80
5.7	Ringkasan	80
BAB 6	REALISASI LABA & LIKUIDITAS SISTEM.....	82
6.1	Pendahuluan	82
6.2	Keuntungan Sebagai Klaim Atas Likuiditas Sistem	82
6.3	Modal Terpendam & Ketergantungan Kredit.....	83
6.4	Produktivitas Dan Distribusi Keuntungan	84
6.5	Modal Fiktif Dan Pengurusan Likuiditas.....	84
6.6	Struktur Sektor Dan Kekuatan Pasar.....	85
6.7	Pendapatan, Tabungan, Dan Distribusi Surplus	86
6.8	Likuiditas, Distribusi, Dan Kapasitas Dalam SEV	88
6.9	Kredit, Finansialisasi, Dan Ketidakstabilan.....	89
BAB 7	DINAMIKA ENTROPI & KELANGKAAN SISTEMIK	92
7.1	Pendahuluan	92
7.2	Entropi & Kelangkaan-Kelimpahan Galbraith	93
7.3	Nilai Sistemik Jaringan Harga Dan Biaya Sraffa	93
7.4	Rasio Energi Dan Nilai Tukar	94
7.5	Asimetri Kelimpahan Dan Persaingan.....	94
7.6	Implikasi Kebijakan Dan Analisis	95
7.7	Menuju Ekonomi Termo-Sistemik.....	96
BAB 8	ENERGI–KREDIT–INFORMASI–MODAL FIKTIF SISTEMIK	97
8.1	Pendahuluan	97
8.2	Termodinamika Nilai Guna-Energi	97
8.3	Uang Endogen Dan Nilai Tukar Bersyarat	98
8.4	Waktu, Ketidakpastian & Validasi	98
8.5	Informasi Sebagai Penggabungan Energi.....	99
8.6	Likuiditas Diam & Siklus Kredit	100
8.7	Kemunculan Sirkuit Modal Fiktif.....	100
8.8	Hierarki Kecepatan Dan Energi	101
8.9	Rasionalitas & Instabilitas Hiper-Finansialisasi	101
8.10	Kondisi Penutupan Sistemik.....	102
8.11	Ringkasan	102
BAB 9	PEMBANGUNAN TIONGKOK DALAM SEV	106
9.1	Pendahuluan	106
9.2	Nilai Tukar Sistemik & Pembangunan	108

9.3	Rantai Pasok & Surplus Tiongkok.....	110
9.4	Penutupan Supermultiplier	115
9.5	Eroei Dan Energi Supermultiplier	120
9.6	Surplus, Kredit, Dan Penutupan Institusional	123
9.7	Energi, Termodinamika, Dan Nilai Tukar Sistemik	129
9.8	Pembangunan Tiongkok Dalam SEV	134
BAB 10	SRAFFA, RANTAI PASOK, DAN REPRODUKSI EKONOMI.....	136
10.1	Sistem Rantai Industri	136
10.2	Marshall, Sraffa, Dan Pembangunan Tiongkok	139
10.3	Entropi Sistemik, Negentropi, Dan Reproduksi Nilai	142
BAB 11	DELEVERAGING & FINANSIALISASI (SEV)	143
11.1	Pendahuluan	143
11.2	Percepatan Kredit, Penurunan Neraca, Dan VSVPM	144
11.3	Kontraksi Properti & Rotasi Kredit Tiongkok (VSVPM).....	146
11.4	Pengganda Super Sraffian SEV & Kredit.....	149
BAB 12	TEKA-TEKI TABUNGAN RUMAH TANGGA.....	154
12.1	Pendahuluan	154
12.2	Diagnosis Neoklasik IMF	155
12.3	Studi Liberalisasi Cepat	155
12.4	Kritik IMF Pembalikan Kausalitas Dan Keusangan Empiris	156
12.5	Supermultiplier Sraffa Alternatif Yang Koheren.....	158
12.6	Implikasi Neoklasik IMF	159
BAB 13	KEUNTUNGAN, PRODUKSI, DAN EFISIENSI ENERGI SISTEMIK.....	161
13.1	Pendahuluan	161
13.2	Dari Statistik Keuntungan Hingga Kesehatan Sistemik	161
13.3	Laba Agregat Dan Ekspansi Likuiditas	164
13.4	Distribusi Sektoral Dan Transformasi Struktural	165
13.5	Interpretasi SEV-Sraffa Dan Perubahan Barang-Barang Pokok	166
13.6	Mengintegrasikan Termoekonomi	167
13.7	Koeksistensi Profit, Surplus & Likuiditas	168
13.8	Indikator Komposit Kesehatan Sistemik	169
BAB 14	EROEI & TRANSISI ENERGI GLOBAL	173
14.1	Pendahuluan	173
14.2	Tiga Faktor Utama: EROEI, Surplus, Dan Kompleksitas.....	173
14.3	Energi Terbarukan Dan Dilema Penyimpanan	174
14.4	Penurunan Temporal EROEI Fosil.....	174
14.5	Diferensiasi Geopolitik.....	176
14.6	Memikirkan Kembali Surplus Dan Kedaulatan.....	177
BAB 15	AI, ENERGI, DAN JALUR KONTRAS	179
15.1	PENDAHULUAN	179
15.2	DINAMIKA ENERGI	179

15.3	Keunggulan Chip Analog AI China.....	189
15.4	Ko-Optimasi Perangkat Keras - Lunak.....	191
15.5	Unsur Tanah Jarang.....	191
15.6	Model AI Dalam Kontainer Dan Sumber Terbuka.....	192
15.7	Dinamika Arus Kas Dan Reinvestasi.....	192
15.8	Implikasi Bagi Industri AI AS.....	193
15.9	Kura-Kura Melampaui Kelinci.....	194
15.10	Ringkasan.....	195
BAB 16	REZIM AKUMULASI SEV	196
16.1	Pendahuluan.....	196
16.2	Teori Regulasi Dan Ekonomi Fundamental.....	197
16.3	Eroei Dan Landasan Material Akumulasi.....	197
16.4	Alokasi Likuiditas Dan Dua Sirkuit Akumulasi.....	198
16.5	Penyelesaian Politik Dan Inersia Energi.....	199
16.6	Finansialisasi Dan Penurunan Eroei Marjinal.....	199
16.7	Likuiditas Terarah & Fondasi Di China.....	201
16.8	Perbedaan Rezim Dan Kondisi Stabilitas.....	201
16.9	Ringkasan.....	202
BAB 17	UTANG, LIKUIDITAS, DAN MODAL FIKTIF	203
17.1	Pendahuluan.....	203
17.2	Dinamika Utang Dan Stabilisasi Fiskal.....	204
17.3	Batasan Analisis Neraca Agregat.....	204
17.4	Nilai Tukar, Nilai Guna, Dan Modal Fiktif.....	205
17.5	Sirkuit Penyerapan Likuiditas.....	205
17.6	Konvergensi Uang Publik & Swasta.....	206
17.7	Ketidakstabilan Lambat Dan Cepat.....	206
BAB 18	MENUJU EKONOMI POLITIK TERMODINAMIKA	208
18.1	Pendahuluan.....	208
18.2	Kebijakan & Strategi Dinamika EROEI.....	208
18.3	Data SEV & Mekanisme Gangguan Nilai.....	211
18.4	Implikasi Kebijakan Sev.....	212
18.5	Menuju Teori Kelangsungan Hidup Sistemik.....	215
18.6	Ringkasan.....	216
BAB 19	FASE TERMINAL HEGEMONI.....	217
19.1	Pendahuluan.....	217
19.2	Finansialisasi Sebagai Gejala Akhir.....	217
19.3	Basis Energi EROEI Dan Batasan Nyata Kekaisaran.....	218
19.4	Konvergensi Krisis.....	219
19.5	Menuju Rekonfigurasi Pasca-Hegemoni.....	219
19.6	Akhir Dari Kekaisaran Simbolis?.....	220
BAB 20	SELAT HORMUZ, KONFLIK IRAN-AS & REVALIDASI ENERGI SISTEMIK	223

20.1	Pendahuluan.....	223
20.2	Kedudukan BAB Dalam Arsitektur Teori Nilai Tukar Sistemik.....	223
20.3	Selat Hormuz Sebagai Simpul Energi-Material Dunia	224
20.4	Krisis 2026 Dan Karakter Perang Energi	225
20.5	Dari Gangguan Fisik Ke Penurunan AEP Dan EROEI Sistemik.....	226
20.6	Dampak Nilai Tukar Pada Minyak & Asuransi.....	227
20.7	Uang, Dolar, Dan Disiplin Likuiditas Dalam Krisis Energi	228
20.8	Informasi, Ketidakpastian, Dan Entropi Pelayaran	228
20.9	Hegemoni Amerika Serikat Dan Batas Kekuasaan Energi	229
20.10	Dampak Bagi Asia, Eropa, Dan Ekonomi Global.....	229
20.11	Skenario Perkembangan Krisis Dan Pembacaan Sistemik	230
20.12	Sistemik & Ketahanan Energi.....	231
20.13	Implikasi Teoretis Bagi Nilai Tukar Sistemik.....	232
20.14	Indonesia & Perdagangan Energi Hormuz.....	232
20.15	Blokade Data Hormuz: Kabel Bawah Laut, Cloud, Dan AI	235
20.16	Ringkasan.....	239
	DAFTAR PUSTAKA	241

BAB 1

MENUJU TEORI NILAI TUKAR SISTEMIK

1.1 ENERGETIKA NILAI GUNA & NILAI TUKAR

Ekonomi politik kontemporer kekurangan ontologi nilai yang koheren yang dapat secara bersamaan menjelaskan landasan material dan energetik produksi serta bentuk moneter atau keuangan di mana ekonomi kapitalis dan ekonomi moneter sosial mengekspresikan dan mengedarkan nilai. Ekonomi politik klasik, dari Smith hingga Ricardo dan Marx, mendasarkan nilai pada reproduksi material kehidupan sosial, dengan Marx mengusulkan teori nilai kerja (LTV) sebagai prinsip pengatur pertukaran kapitalis. Kritik abad ke-20 - terutama demonstrasi Sraffa bahwa harga relatif dan tingkat keuntungan dapat ditentukan tanpa mengacu pada nilai kerja - melemahkan kelayakan formal LTV sambil mempertahankan wawasan klasik bahwa produksi adalah proses material dan sosial yang diatur oleh persyaratan reproduksi yang pasti. Secara paralel, teori neoklasik menggeser nilai dari fondasi material sepenuhnya dengan mengidentifikasi nilai dengan utilitas subjektif dan substitusi marjinal, sehingga menghilangkan perbedaan ontologis antara nilai guna dan nilai tukar yang membentuk ekonomi politik klasik. Hasilnya adalah ambiguitas konseptual yang terus-menerus: nilai diperlakukan sekaligus sebagai preferensi subjektif, harga pasar, dan kapasitas produktif, tergantung pada modelnya.

Bab ini kembali ke tors, dan mengembangkan teori Nilai Tukar Sistemik (SEV) yang memulihkan dan memperluas perbedaan klasik antara nilai guna dan nilai tukar, mendasarkan keduanya pada ontologi termodinamika nilai. Alih-alih waktu kerja, energi dianggap sebagai kendala mendasar dan prinsip generatif dari semua bentuk nilai. Nilai guna menjadi ranah transformasi energi-material; nilai tukar menjadi ranah informasi energi dan klaim atas transformasi energi di masa depan. Keduanya secara internal dibedakan menjadi sub-tipe yang mencerminkan peran mereka dalam reproduksi sistemik.

Tujuan di sini bukanlah untuk menghidupkan kembali LTV dalam bentuk yang dimodifikasi atau sekadar mengganti "tenaga kerja" dengan "energi." Sebaliknya, SEV berpendapat bahwa energi adalah substrat ontologis dari mana tenaga kerja dan modal memperoleh kapasitas produktifnya, dan bahwa setiap bentuk nilai pada akhirnya merupakan ekspresi terstruktur dari kendala dan kemungkinan energi. Atas dasar ini, bab ini mengajukan pembedaan formal antara jenis nilai guna (multiguna vs sekali pakai; modal tetap vs upaya tenaga kerja; perantara vs akhir) dan jenis nilai tukar (universal vs bersyarat; modal uang vs modal fiktif). Arsitektur nilai ini memungkinkan kita untuk membuat teori tentang:

1. bagaimana nilai beredar melalui sirkuit material (produksi dan reproduksi);
2. bagaimana nilai beredar melalui sirkuit keuangan (klaim dan kontrklaim); dan
3. bagaimana informasi beroperasi sebagai artefak energi yang mengikat kedua sirkuit tersebut.

Kerangka kerja yang dihasilkan meruntuhkan penggabungan neoklasik dari semua nilai menjadi utilitas dan harga subjektif, mengembalikan fondasi material klasik dari nilai, dan mengintegrasikan skema produksi Sraffian dengan ontologi termodinamika.

1.2 TEORI NILAI KLASIK-SRAFFIAN ENERGETIK

1. Teori Nilai Kerja Marx Dan Batasannya

Dalam *Kapital*, teori nilai kerja Marx menyatakan bahwa waktu kerja yang dibutuhkan secara sosial yang terkandung dalam komoditas merupakan substansi nilai. Kerja diperlakukan sebagai satu-satunya pencipta nilai baru karena merupakan satu-satunya input produktif yang mampu menghasilkan nilai lebih besar daripada biaya reproduksinya. Dalam kerangka produksi pertengahan abad ke-19, Marx menafsirkan tenaga kerja sebagai agen transformatif yang unik. Dua kesulitan muncul ketika mencoba memformalkan Teori Nilai Kerja (LTV):

1. Sirkularitas dalam pengukuran modal heterogen: Nilai kerja bergantung pada nilai barang modal, tetapi nilai barang modal bergantung pada nilai kerja yang terkandung di dalamnya, menghasilkan penentuan sirkular; dan
2. Daya tarik formal yang tidak memadai dalam model produksi multisektoral: Seperti yang kemudian ditunjukkan Sraffa, harga relatif dan tingkat keuntungan dapat diselesaikan tanpa mengacu pada nilai kerja, menunjukkan bahwa kerja tidak diperlukan sebagai variabel penjelas.

Kritik-kritik ini tidak menghilangkan wawasan inti Marx bahwa produksi adalah proses transformasi material dan energik, dan bahwa hubungan sosial kapitalis memediasi proses ini melalui bentuk-bentuk nilai. Namun, kritik-kritik ini memaksa kita untuk mempertimbangkan kembali kerja sebagai substansi dasar nilai.

2. Kritik Sraffa Dan Kembalinya Reproduksi Material

Produksi Komoditas Sraffa dengan Menggunakan Komoditas menunjukkan bahwa sistem produksi multisektoral dapat direproduksi ketika vektor output bruto cukup untuk menggantikan alat produksi dan menghasilkan surplus. Harga ditentukan oleh kondisi produksi dan distribusi antara upah dan keuntungan; tidak diperlukan referensi terhadap nilai-nilai kerja. Oleh karena itu, yang penting adalah:

- struktur input-output fisik;
- surplus; dan
- kondisi yang memastikan kelangsungan sistem, yaitu, bahwa nilai eigen dari matriks input kurang dari satu ketika dinormalisasi dengan tepat.

Pendekatan ini mengembalikan konsep nilai guna: sifat fisik dan fungsional barang yang memungkinkan barang tersebut mereproduksi sistem. Namun, Sraffa tidak memberikan teori nilai dalam pengertian filosofis; ia memberikan teori harga yang konsisten dengan reproduksi, dan ontologi implisit di mana aliran material merupakan hal mendasar.

3. Dari Tenaga Kerja Ke Energi: Landasan Ontologis Yang Lebih Dalam

Tenaga kerja itu sendiri merupakan proses transformasi energi - konversi metabolik energi kimia menjadi kerja. Modal tetap adalah bentuk energi yang tersimpan dan terorganisir yang mampu memungkinkan transformasi energi di masa depan. Input perantara adalah

perwujudan transformasi energi masa lalu yang berkontribusi pada transformasi di masa depan. Dengan demikian, energi menjadi substrat ontologis yang mendasari semua pembentukan nilai guna. Ini menghindari keberatan Sraffa terhadap nilai-nilai tenaga kerja: energi, tidak seperti tenaga kerja, dapat diukur, dilestarikan, dan dikuantifikasi di berbagai sektor yang heterogen. Ini juga menghindari kesulitan neoklasik dalam memperlakukan nilai guna sebagai preferensi subjektif: nilai guna menjadi kapasitas objektif, fisik, dan energetik. Dengan pergeseran ini, kita dapat meringkas klaim inti sebagai berikut:

- Nilai guna = kemampuan energetik-material untuk transformasi; dan
- Nilai tukar = klaim atas transformasi energetik-material di masa depan, yang dimediasi oleh uang atau instrumen keuangan.

4. Kenapa Energi Menyelesaikan Kebuntuan Klasik

Energi menyediakan apa yang oleh para fisikawan disebut sebagai ukuran umum kerja transformasi, yang berlaku untuk tenaga kerja, mesin, bahan mentah, dan informasi. Energi tidak perlu menjadi "substansi nilai" yang dilestarikan secara numerik dalam pengertian skalar yang ketat; melainkan, energi adalah kondisi yang memungkinkan setiap bentuk nilai. Oleh karena itu:

- Tenaga kerja dapat ditafsirkan kembali sebagai salah satu bentuk kemampuan energi;
- Barang modal adalah kemampuan energi yang diinvestasikan/diakumulasikan;
- Uang adalah klaim simbolis atas kemampuan energi di masa depan; dan
- Modal fiktif adalah klaim bersyarat atau spekulatif atas kemampuan energi di masa depan yang tidak pasti, termasuk secara insidental pada bentuk-bentuk nilai tukar lainnya.

Hal ini mengembalikan perbedaan klasik antara nilai guna (material/energi) dan nilai tukar (sosial/moneter), sekaligus memberikan keduanya ontologi yang terpadu.

1.3 ARSITEKTUR NILAI

Teori Nilai Tukar Sistemik merekonstruksi bentuk nilai dengan memulihkan dan memperluas perbedaan klasik antara nilai guna dan nilai tukar. Rekonstruksi ini didasarkan pada ontologi energi di mana proses material dan informasi bergantung pada transformasi, penyimpanan, dan distribusi energi. Bagian ini menyediakan arsitektur konseptual yang diperlukan untuk teorema formal yang dikembangkan di bawah ini. SEV terstruktur di sekitar hierarki prioritas ganda:

1. Prioritas ontologis: Kapasitas energi-material dari nilai guna bersifat fundamental. Tidak ada proses kehidupan, tidak ada produksi, dan tidak ada sistem reproduksi sosial yang dapat eksis tanpa transformasi energi dan material; dan
2. Prioritas logis dalam ekonomi produksi moneter: Klaim moneter (nilai tukar) dimobilisasi sejak awal untuk mengatur akses ke energi dan material. Uang bersifat endogen dan diciptakan untuk memfasilitasi transformasi yang dibutuhkan oleh kelangsungan hidup manusia dan reproduksi sistemik.

Oleh karena itu, SEV membedakan antara apa yang diperlukan untuk keberadaan nilai (nilai guna energi-material) dan apa yang diperlukan untuk inisiasi dan koordinasi produksi dalam ekonomi moneter yang dicirikan oleh pembagian kerja, dan produksi komoditas melalui komoditas lain (yang diproduksi) (mobilisasi moneter). Yang penting, kerangka kerja ini tidak berfokus pada uang itu sendiri; ia berfokus pada kebutuhan, baik manusia maupun sistemik. Kebutuhan mendasar untuk mengubah energi dan material memunculkan sirkulasi dan penciptaan uang, bukan sebaliknya.

1. Nilai Guna: Kapasitas Energi-Material Yang Secara Ontologis Utama

Nilai guna merupakan substrat energi-material dari semua sistem ekonomi. Nilai guna adalah objek, proses, dan kapasitas yang memungkinkan transformasi. Secara ontologis, nilai guna bersifat utama karena:

- Manusia harus mengubah energi dan material untuk hidup dan bereproduksi;
- Sistem kapitalis harus mengubah energi dan material untuk mengakumulasi modal dan mempertahankan kelangsungan produksi; dan
- Tidak ada jumlah uang yang dapat menggantikan ketiadaan energi atau material yang dapat digunakan.

SEV membagi nilai guna menjadi dua jenis utama:

1. Nilai guna multiguna; dan
2. Nilai guna tunggal.

Setiap jenis memberikan kontribusi yang berbeda terhadap reproduksi sistem.

2. Nilai Guna Multiguna

Nilai guna multiguna adalah pembawa potensi energi yang tahan lama yang kapasitas produktifnya bertahan di berbagai siklus. Upaya kerja adalah proses transformasi energi yang terwujud. Ia mengubah energi metabolik dan informasional menjadi kerja terarah. Kerja bukanlah "substansi" nilai (seperti dalam LTV Marx); ia adalah salah satu bentuk kemampuan energi terorganisir. Pentingnya sistemiknya terletak pada:

- kemampuan adaptasinya;
- kapasitasnya untuk mengintegrasikan informasi; dan
- kemampuannya untuk mengerahkan energi mekanik, kimia, komputasi, atau biologis melalui tindakan terkoordinasi.

Modal tetap terdiri dari mesin, peralatan, bangunan, dan infrastruktur - struktur tahan lama yang menyimpan pengeluaran energi masa lalu. Objek-objek ini menyalurkan energi ke dalam transformasi yang andal dan berulang. Modal tetap mewujudkan:

- investasi energi-material masa lalu yang terakumulasi;
- Pengorganisasian aliran energi secara teknologi; dan
- Ketahanan temporal yang memungkinkan produksi berkelanjutan.

Kapasitas multiguna memperkenalkan temporalitas, termasuk penyusutan, keausan, pembelajaran, dan perubahan struktural kumulatif.

3. Nilai Guna Sekali Pakai

Nilai guna sekali pakai dikonsumsi atau diubah dalam proses produksi atau konsumsi akhir. *Barang setengah jadi* adalah transformasi energi masa lalu yang digunakan untuk

menghasilkan nilai guna baru. Barang-barang ini sesuai dengan masukan Sraffian dan mentransfer potensi energinya ke depan melalui jaringan produksi. Konsumsi *penggunaan akhir* menandai disipasi potensi energi. Meskipun penting untuk reproduksi manusia (sehingga secara tidak langsung mendukung tenaga kerja), konsumsi ini tidak secara langsung kembali ke produksi material lebih lanjut.

Kapasitas sekali pakai memperkenalkan ketidakbalikan dan mendefinisikan batas termodinamika siklus produksi. Struktur yang terdiferensiasi ini menjelaskan:

- Peran yang berbeda dari tenaga kerja, modal, barang antara, dan barang akhir;
- Bagaimana energi disimpan, ditransfer, dihilangkan, dan diorganisir; dan
- Bagaimana sirkuit material mereproduksi dirinya sendiri melalui peran energi spesifik.

Nilai guna dengan demikian merupakan fondasi energi-material tempat semua bentuk nilai bertumpu.

2. Nilai Tukar: Klaim Endogen Dengan Prioritas Logis Dalam Produksi Moneter

Nilai tukar terdiri dari klaim simbolis, moneter, dan informasional atas transformasi energi-material di masa depan. Klaim-klaim ini dimobilisasi terlebih dahulu untuk mengkoordinasikan produksi, mencerminkan struktur ekonomi moneter kapitalis. Tidak seperti monetarisme, SEV tidak memberikan prioritas kausal pada uang. Uang bersifat endogen dan muncul karena:

- Manusia membutuhkan transformasi energi/material untuk hidup; dan
- Perusahaan membutuhkan transformasi untuk mengejar keuntungan dan mengakumulasi modal.

Oleh karena itu: *Kebutuhan mendasar untuk mentransformasikan energi dan material → penciptaan dan mobilisasi uang → inisiasi produksi.*

Uang memiliki prioritas logis dalam ekonomi moneter, karena produksi harus dibiayai sebelum input fisik dimobilisasi. Tetapi uang tidak memiliki prioritas ontologis: fungsinya sepenuhnya bergantung pada pengarahan dan representasi kebutuhan dan kapasitas energi riil. SEV membedakan dua subtype nilai tukar, yaitu:

- Nilai Tukar Universal: Modal Uang; dan
- Nilai Tukar Bersyarat: Klaim Keuangan dan Modal Fiktif.

Nilai tukar universal mengacu pada uang atau instrumen mirip uang yang memberikan klaim tanpa syarat atas nilai guna sistem di masa depan. Kita menyebutnya modal uang. Modal uang:

- diciptakan secara endogen melalui kredit atau oleh negara;
- memiliki prioritas logis dalam memulai produksi; dan
- berfungsi sebagai media universal untuk mengendalikan sumber daya energi-material.

Kekuatan kausalnya bersifat derivatif: ia ada karena sistem membutuhkan transformasi yang terorganisir.

Nilai tukar bersyarat mewakili klaim probabilistik, berisiko, atau spekulatif atas transformasi masa depan yang tidak pasti. Ini adalah klaim keuangan dan modal fiktif. Contohnya meliputi:

- klaim ekuitas atas keuntungan di masa depan;
- obligasi yang didukung oleh arus kas yang diharapkan; dan

- derivatif yang terkait dengan kontingensi masa depan.

Kontrak opsi juga merupakan kasus nilai tukar, yang memberikan hak kepada pemegangnya untuk menggunakan hak untuk mengamankan nilai guna atau nilai tukar di masa depan pada waktu tertentu di masa mendatang. Klaim-klaim ini bervariasi dalam jaraknya dari proses energi-material yang sebenarnya. Semakin jauh hubungannya dengan transformasi material, semakin "fiktif" bentuk modalnya.

3. Implikasi Sistemik Dari Arsitektur Nilai

Arsitektur ini menghasilkan beberapa konsekuensi analitis:

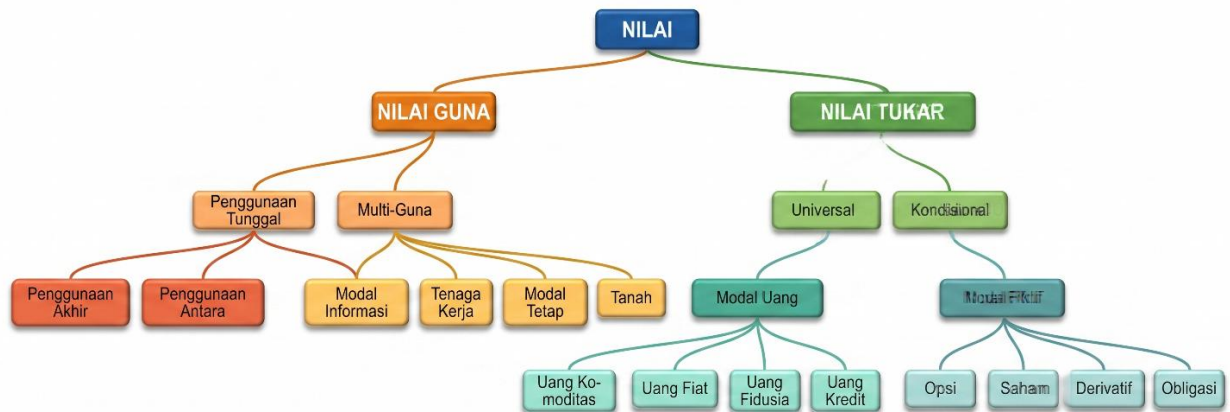
1. Nilai guna membatasi nilai tukar: Semua klaim keuangan pada akhirnya bergantung pada kapasitas energi sistem untuk memberikan transformasi di masa depan;
2. Nilai tukar dapat tumbuh sementara secara independen dari nilai guna: Penciptaan uang endogen memungkinkan sirkuit keuangan untuk berkembang melampaui sirkuit material, menghasilkan inflasi dan meningkatkan risiko ketidakstabilan ketika ekspektasi melampaui kapasitas energi riil;
3. Sistem ini berisi dua sirkuit yang sebagian otonom tetapi saling bergantung:
 - a. sirkuit material (transformasi energi); dan
 - b. sirkuit keuangan (klaim simbolik);
4. Sirkuit ketiga - informasi - mengkoordinasikan kedua hal tersebut dan merupakan proses yang bergantung pada energi; dan
5. Sistem akumulasi modal didefinisikan oleh tumpang tindih prioritas logis pada prioritas ontologis: Uang memulai produksi, tetapi energi menentukan kelayakan. Mobilisasi moneter memimpin; potensi energi membatasi dan mendefinisikan parameter peluang. Akuntansi operasional terwujud melalui neraca perusahaan.

Arsitektur SEV menetapkan:

- landasan ontologis yang jelas (nilai guna sebagai kapasitas energi-material);
- urutan logis yang jelas dalam ekonomi moneter (mobilisasi nilai tukar); dan
- taksonomi bentuk nilai yang terdiferensiasi yang mencerminkan fungsi sistemiknya.

1.4 ARSITEKTUR SISTEMIK NILAI

Teori nilai energetik yang dikemukakan di sini membutuhkan penataan bentuk nilai yang sistematis dan hierarkis, membedakan secara ketat antara *nilai guna* (UV) dan *nilai tukar* (EV) sebagai dimensi analitis yang berbeda dari proses produksi moneter. Hal ini ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Tidak seperti teori neoklasik, di mana penggunaan dan pertukaran menyatu menjadi satu besaran skalar (harga), atau teori tenaga kerja klasik di mana nilai pada akhirnya dapat direduksi menjadi waktu kerja yang dibutuhkan secara sosial, kerangka kerja ini mengakui bahwa berbagai bentuk nilai yang terlibat dalam sistem produksi-sirkulasi mewakili posisi yang berbeda dalam *rantai transformasi energetik* yang menghubungkan alam, tenaga kerja, modal, uang, dan hasil sosial akhir.



Gambar 1.1 Taksonomi Nilai

1. Nilai Guna sebagai Keadaan Transformasi Energetik

Nilai guna mewakili *keadaan material atau energetik* yang telah ditransformasikan (atau mampu ditransformasikan) untuk tujuan manusia. Nilai guna ada secara ontologis sebelum hubungan pertukaran dan tetap tidak dapat direduksi secara analitis menjadi harga atau besaran moneter. Dalam kerangka energi, nilai guna dibagi menjadi dua kategori utama:

2. Nilai Guna Multiguna (UV-M)

Ini adalah nilai guna yang mempertahankan daya tahan material di seluruh siklus produksi dan dengan demikian memungkinkan transformasi materi-energi berulang. Nilai guna ini meliputi:

- Tenaga Kerja (UV-M-L): Kapasitas manusia untuk mengeluarkan energi metabolisme melalui usaha, keterampilan, dan pengetahuan. Tenaga kerja merupakan nilai guna karena dapat diterapkan berulang kali di berbagai transformasi, meskipun pengeluaran energi yang dilakukannya nyata dan terbatas; dan
- Modal Tetap (UV-M-K): Mesin, infrastruktur, bangunan, peralatan, dan sistem pengetahuan yang bertahan di sepanjang siklus produksi, memungkinkan transformasi berulang dari input material. Dari perspektif energi, modal tetap mewujudkan energi yang terakumulasi secara historis - transformasi masa lalu yang terkristalisasi dalam bentuk yang bertahan lama.

Konseptualisasi tenaga kerja ini juga menggarisbawahi proposisi bahwa nilai guna tidak hanya terbatas pada barang berwujud saja, tetapi juga mencakup apa yang umumnya digambarkan sebagai jasa. Dalam pengertian ini, SEV tidak menekankan prioritas a priori barang berwujud atas jasa tidak berwujud, karena keduanya bersifat energik tetapi signifikansi ekonominya bervariasi tergantung pada konektivitas masing-masing dalam rantai pasokan dan relevansinya terhadap masalah reproduksi mendasar seperti ketersediaan pangan dan bahan bakar.

3. Nilai Guna Sekali Pakai (UV-S)

Nilai guna sekali pakai adalah nilai guna yang dikonsumsi dalam proses produksi atau konsumsi. Nilai ini tidak kembali dalam bentuknya saat ini ke siklus selanjutnya. Nilai ini meliputi:

- Masukan Perantara (UV-S-I): Aliran material dan energi yang digunakan untuk menghasilkan nilai guna selanjutnya. Ini merupakan hasil termodinamika dari sistem produksi; dan
- Nilai Guna Akhir (UV-S-F): Barang atau jasa yang dikonsumsi oleh pengguna akhir, baik untuk memenuhi kebutuhan biologis, sosial, atau budaya. Penggunaan akhir konsumtif menutup rantai transformasi termodinamika pada tingkat reproduksi.

Dalam segmentasi ini, sistem produksi dapat dilihat sebagai kaskade termodinamika di mana energi bergerak dari sumber universal (fosil atau terbarukan), melalui bentuk perantara yang terwujud, ke konsumsi akhir - tidak berbeda dalam logika energi dari rantai metabolisme biologis.

4. Nilai Tukar sebagai Struktur Klaim yang Dimediasi Secara Sosial

Nilai tukar mewakili hak yang dibentuk secara sosial untuk menguasai nilai guna. Mereka tidak mewujudkan energi fisik itu sendiri, tetapi memperoleh kekuatan dari penerimaan mereka dalam lembaga moneter dan hukum masyarakat. Ontologi energik menjelaskan bahwa nilai tukar bersifat relasional dan dimediasi, bukan intrinsik. Seperti yang telah disebutkan, nilai tukar dibagi menjadi Nilai Tukar Universal dan Nilai Tukar Bersyarat.

5. Nilai Tukar Universal (EV-U)

Modal uang - baik deposito bank, jalur kredit, saldo buku besar, atau mata uang yang beredar - merupakan bentuk umum dari nilai tukar yang, dalam kondisi normal, dapat ditukar dengan bentuk nilai lain yang diakui secara ekonomi. Nilai tukar universal bukan karena secara ontologis bersifat primer, tetapi karena lembaga sosial-hukum memberikannya kendali tak terbatas atas sumber daya transformasi material setelah beredar. Hal ini konsisten dengan:

- Rumusan $M-C-M'$ Marx;
- Pengakuan Sraffian terhadap harga sebagai rasio struktur klaim yang divalidasi secara sosial; dan
- Endogenitas uang pasca-Keynesian.

Namun, hal ini dibingkai ulang dalam ontologi energi: uang adalah kapasitas yang diwujudkan dalam bentuk token untuk mengarahkan aliran energi dan sumber daya.

6. Nilai Tukar Bersyarat (EV-C)

Bentuk-bentuk ini mencakup instrumen utang, klaim ekuitas, derivatif, sewa, hak milik, dan struktur keuangan lainnya. Instrumen-instrumen ini bukanlah token universal, tetapi mewakili klaim atas aliran nilai di masa depan, yang bergantung pada:

- kinerja perusahaan;
- solvabilitas penerbit;
- kondisi pasar; dan
- kerangka kerja kelembagaan penegakan kontrak.

Instrumen-instrumen ini merupakan apa yang disebut Marx sebagai modal fiktif: hak hukum yang dapat ditegakkan atas surplus di masa depan tetapi bukan merupakan nilai guna itu sendiri. Kekuatan mereka terletak pada kesepakatan sosial bahwa klaim-klaim ini akan dihormati - sebuah kesepakatan yang dapat berkembang pesat melalui penerbitan kredit

namun tidak memiliki korelasi yang diperlukan dengan kapasitas produksi energi-material dari sistem tersebut. Perbedaan ini membuka jalan analitis untuk menjelaskan:

- gelembung ekonomi;
- kerapuhan sistemik;
- siklus kredit;
- Finansialisasi Berlebihan; dan
- Kesenjangan antara pertumbuhan aset keuangan dan ekspansi produktif riil.

7. Skema Nilai Sebagai Mhole

Arsitektur yang dihasilkan dapat diringkas secara abstrak:

$$\begin{aligned} \text{Value} &= \{UV, EV\} \\ UV &= \{UV - M_{\{L, K\}}, UV - S_{\{I, F\}}\} \\ EV &= \{EV - U, EV - C\} \end{aligned}$$

Pada tingkat sistemik:

- Nilai guna mewakili keadaan energi dan material; dan
- Nilai tukar mewakili hak yang dimediasi secara sosial untuk menguasainya.

Perbedaan ini memiliki implikasi penting:

1. Nilai tukar dapat berkembang lebih cepat daripada kapasitas energi sistem, menghasilkan ketidakseimbangan spekulatif;
2. Nilai guna memaksakan batasan termodinamika, yang tidak dapat diatasi hanya dengan inovasi keuangan; dan
3. Uang dan keuangan harus diteorikan sebagai struktur yang muncul dalam reproduksi aliran energi masyarakat, bukan sebagai penentu eksogen.

Berbeda dengan teori neoklasik, di mana harga membersihkan pasar dalam ruang keseimbangan abstrak, kerangka kerja ini mendasarkan nilai pada transformasi fisik yang tidak dapat dibalik, menjadikan keseimbangan sebagai kasus khusus dan tidak stabil daripada garis dasar alami. Keseimbangan bersifat kebetulan, kontingen, dan sementara.

1.5 REPRODUKSI DINAMIS DAN AKUMULASI SISTEMIK

Jika nilai guna mewakili keadaan transformasi material-energi dan nilai tukar mewakili klaim yang dimediasi secara sosial atas keadaan tersebut, maka proses produksi yang didukung uang paling baik dipahami sebagai sistem reproduksi dinamis di mana kedua dimensi nilai tersebut berevolusi bersama. Akumulasi membutuhkan pembaruan dan perluasan aliran energi-material yang berkelanjutan dan perluasan kelembagaan klaim moneter yang mengarahkannya. Pada bagian ini, kami mengembangkan kerangka kerja di mana pertumbuhan sistem ekonomi moneter dapat dipahami sebagai interaksi sistemik antara:

1. aliran energi;
2. produksi nilai guna;
3. penciptaan dan sirkulasi klaim moneter; dan
4. perluasan klaim keuangan atas surplus masa depan.

Pendekatan ini berbeda secara fundamental dari penjelasan neoklasik dan monetaris karena tidak memperlakukan sistem moneter sebagai epifenomena penyesuaian harga, atau sebagai guncangan eksternal terhadap output riil, tetapi sebagai komponen internal dan struktural yang diperlukan dari proses akumulasi.

1. Arus Reproduksi Modal

Siklus reproduksi modal dapat diungkapkan secara abstrak sebagai rantai transformasi:

$$EV_U \Rightarrow UV_M + UV_S \Rightarrow \tilde{u}v \Rightarrow EV'_U$$

Di mana:

- EV_U adalah nilai tukar universal (modal uang) yang dimobilisasi sebagai investasi;
- UV_M dan UV_S adalah nilai guna multi-guna dan sekali pakai yang ditransformasikan dalam produksi;
- $\tilde{u}v$ adalah himpunan nilai guna yang diperluas yang diproduksi; dan
- EV'_U adalah nilai moneter yang diperluas yang direalisasikan melalui penjualan.

Hal ini mengekspresikan secara sistemik proses $M - C - M'$ Marx, tetapi sekarang didasarkan pada fakta bahwa transformasi C pada dasarnya bersifat termodinamika: sistem menerima masukan energi dan material dan secara ireversibel mengubahnya menjadi konfigurasi baru (barang, jasa, infrastruktur, dan pengetahuan). Perbedaan $EV'_U - EV_U$ tidak hanya mewakili surplus waktu kerja tetapi juga keberhasilan konversi aliran energi menjadi nilai tukar yang divalidasi secara sosial.

2. Akumulasi Sebagai Ekspansi Ganda

Akumulasi dalam ekonomi moneter bersifat dualistik:

1. Akumulasi material: Ekspansi kapasitas fisik dan energi sistem (lebih banyak modal tetap, lebih banyak waktu kerja yang diterapkan, dan throughput input antara yang lebih tinggi); dan
2. Akumulasi klaim: Ekspansi klaim moneter dan keuangan atas produksi dan surplus di masa depan.

Dalam sistem yang stabil dan berkembang, kedua dimensi ini tetap terkait secara luas: klaim keuangan tumbuh sejalan dengan kemungkinan produksi. Namun, karena nilai tukar dibangun secara sosial dan bukan dibatasi secara fisik, klaim keuangan dapat berkembang secara independen dari reproduksi energi riil. Bahkan, seperti yang akan saya tunjukkan di bab-bab selanjutnya, ini adalah prasyarat kelangsungan sistemik dan mewakili respons rasional jangka pendek, tetapi secara paradoks juga merupakan benih kerapuhan dan ketidakstabilan sistemik, yang mendekati krisis. Inilah kondisi yang diidentifikasi Marx dalam kapital fiktif; teori energi nilai memberikan landasan konseptual yang konkret - bidang keuangan dapat tumbuh tanpa kapasitas material untuk menebus klaim yang dihasilkannya, tetapi ada batasnya.

3. Peran Kredit Dan Uang Endogen

Uang kredit memainkan peran sentral dalam reproduksi dinamis di bawah kapitalisme dan sistem produksi moneter canggih lainnya. Karena investasi biasanya mendahului produksi akhir, produksi tersebut harus dibiayai oleh uang yang belum ada pada saat keputusan dibuat.

Teori uang pasca-Keynesian dan endogen telah lama menyadari hal ini, tetapi analisis mereka sebagian besar masih bersifat moneter-keuangan. Teori energi menjelaskan mekanisme yang mendasarinya:

- Penerbitan kredit mewakili otorisasi sosial untuk memobilisasi aliran energi dan material di masa depan saat ini.

Dengan demikian: *Penciptaan kredit = monetisasi ke depan dari transformasi energi yang belum terealisasi.*

Bank, pasar keuangan, dan bahkan kas negara, menerbitkan klaim atas kapasitas produksi di masa depan, memungkinkan proses transformasi saat ini untuk dimulai. Namun, ini menjadikan keberlanjutan reproduksi energi-material sebagai persyaratan sistemik. Jika produksi tersendat, kredit tidak dapat divalidasi, nilai tukar runtuh kembali ke kendala material dalam bentuk:

- krisis keuangan;
- deflasi utang;
- penurunan nilai modal; dan
- penurunan surplus yang terealisasi.

Dalam pengertian ini, krisis keuangan ekonomi pada dasarnya adalah kerusakan dalam mekanisme translasi antara klaim keuangan dan realitas energi. Krisis semacam itu pertama kali bermanifestasi sebagai penurunan nilai neraca, dengan implikasi yang menyertainya terhadap hak dan kewajiban agen terkait.

4. Divergensi Dan Krisis: Ketika Dimensi Nilai Terpisah

Ontologi ganda nilai menyiratkan bahwa ketidakstabilan sistemik dapat muncul ketika:

$$\text{Growth of } EV_c > \text{Growth of productive UV transformation capacity}$$

Artinya, ketika nilai tukar bersyarat (klaim keuangan) berkembang lebih cepat daripada kapasitas energi-material sistem untuk menghasilkan nilai guna yang mampu memvalidasi klaim tersebut. Kondisi ini mendasari:

- gelembung spekulatif;
 - ekspansi kredit yang berlebihan relatif terhadap akumulasi industri;
 - inflasi aset yang terlepas dari produktivitas riil; dan
 - stagnasi jangka panjang ketika klaim yang terakumulasi tidak dapat ditebus.
- Inilah titik analitis di mana teori energi memperkuat baik Marx maupun Sraffa:
- Marx mengidentifikasi kontradiksi antara produksi dan realisasi, tetapi mendasarkannya pada teori surplus tenaga kerja;
 - Sraffa menunjukkan struktur harga dan logika distribusi surplus dari sistem produksi, tetapi memperlakukan harga sebagai aljabar daripada energi; dan
 - Kerangka nilai energi menunjukkan bahwa krisis muncul ketika struktur klaim (EV) tidak lagi memiliki dukungan termodinamika dalam proses transformasi UV.

Hal ini secara teoritis menyelesaikan “kesenjangan” antara teori surplus klasik dan dinamika keuangan modern: sistem keuangan dapat mempercepat akumulasi, tetapi hanya

untuk sementara waktu terlepas dari kendala aliran energi dan material. Substrat transformasi termodinamika adalah penentu “pada akhirnya.”

5. Pertumbuhan, Ekspansi, Dan Batasan Sistemik

Dari sudut pandang ini, pertumbuhan akumulasi modal bukanlah jalur keseimbangan alami tetapi penyesuaian sementara yang berhasil antara:

1. ekspansi berkelanjutan dari kapasitas transformasi energi dan material; dan
2. ekspansi berkelanjutan dari klaim moneter yang divalidasi atas kapasitas tersebut.

Sistem dapat tumbuh selama:

$$?? UV > 0 \text{ dan } ?? EV \leq \text{potensi UV produktif di masa depan}$$

Pertumbuhan berhenti, stagnan, atau berbalik arah ketika:

- input energi mencapai titik jenuh atau menurun;
- modal tetap produktif kehilangan efektivitas;
- tenaga kerja tidak dapat diperluas atau diintensifkan; atau
- klaim keuangan melebihi batas produktif sistem.

Dalam hal ini, keseimbangan neoklasik terungkap sebagai sesuatu yang secara termodinamika tidak mungkin dalam jangka panjang, karena mengasumsikan transformasi yang reversibel dan substitusi yang tak terbatas. Kami juga berpendapat bahwa model monetaris salah menafsirkan kausalitas: uang tidak mendorong produksi; kebutuhan akan produksi mendorong kebutuhan akan uang, yang pada gilirannya memperkuat peran dalam mobilisasi energi. Terakhir, teori harga penawaran dan permintaan arus utama menggabungkan dua dunia (material dan finansial) menjadi satu metrik skalar, sehingga menutupi mekanisme struktural krisis.

1.6 PERBANDINGAN DENGAN TEORI NILAI NEOKLASIK

Teori nilai neoklasik tetap menjadi kerangka kerja dominan dalam ekonomi arus utama. Teori ini mengkonseptualisasikan nilai sebagai hasil yang muncul dari preferensi individu, utilitas marjinal, dan pertukaran yang dimediasi harga dalam kondisi keseimbangan. Pada bagian ini, kami menunjukkan bahwa SEV tidak hanya melengkapi kerangka kerja ini tetapi juga mengungkap ketidaklengkapan konseptualnya dengan memperkenalkan kembali perbedaan ontologis antara nilai guna dan nilai tukar serta dengan mendasarkan nilai pada realitas energi-material.

1. Nilai Guna, Nilai Tukar, Dan Keruntuhan Neoklasik

Ekonomi politik klasik membedakan secara analitis antara nilai guna dan nilai tukar. Bagi Smith dan Ricardo, perbedaan ini berfungsi untuk memisahkan kegunaan material barang dari hubungan pertukaran sosialnya. Marx memformalkan perbedaan ini lebih lanjut, dengan berpendapat bahwa mode produksi kapitalis ditandai oleh dominasi nilai tukar atas nilai guna, meskipun yang terakhir tetap menjadi prasyarat material dari yang pertama.

2. Ekonomi Neoklasik Menghapus Perbedaan Ini.

Dalam teori neoklasik, nilai guna dimasukkan ke dalam utilitas, yang didefinisikan murni dalam hal urutan preferensi individu. Nilai tukar tercakup dalam harga, yang diperlakukan sebagai representasi kuantitatif nilai yang unik dan memadai. Hasilnya adalah keruntuhan kategori di mana:

$$\text{Nilai Guna} \equiv \text{Nilai Tukar} \equiv \text{Harga}$$

Keruntuhan ini bukanlah penyederhanaan tetapi penghapusan teoretis. Nilai guna berhenti ada sebagai kategori analitis independen dan hanya bertahan sebagai atribut psikologis subjektif, terlepas dari konten material, energi, atau sistemik apa pun.

3. Keseimbangan Versus Ketidakreversibelan

Model neoklasik bergantung pada keadaan keseimbangan di mana pasar seimbang, agen mengoptimalkan, dan transformasi dapat dibalik atau disesuaikan tanpa biaya. Waktu diabaikan atau diperlakukan secara simetris.

SEV dimulai dari premis yang berlawanan: semua produksi secara termodinamika tidak dapat dibalik. Energi hilang, material terdegradasi, modal terdepresiasi, dan upaya tenaga kerja terbatas. Proses-proses ini memperkenalkan ketergantungan jalur, kontingensi historis, dan dinamika non-ekuilibrium sebagai fitur struktural, bukan penyimpangan. Akibatnya:

- Ekuilibrium bukanlah keadaan alami ekonomi;
- Ketidakseimbangan bersifat persisten dan endogen; dan
- Krisis bukanlah guncangan tetapi penyesuaian sistemik.

4. Kemampuan Substitusi Dan Ilusi Fleksibilitas Tak Terbatas

Asumsi sentral teori neoklasik adalah kemampuan substitusi faktor produksi. Modal dapat menggantikan tenaga kerja, teknologi menggantikan sumber daya, dan satu input menggantikan input lainnya, hanya bergantung pada harga relatif. SEV menunjukkan bahwa kemampuan substitusi dibatasi secara energetik. Tidak ada substitusi faktor yang dapat melanggar:

- ambang batas energi minimum;
- spesifisitas material; atau
- hukum fisika yang mengatur efisiensi transformasi.

Perubahan teknologi mengatur ulang aliran energi; bukan menghapuskannya. Dengan demikian, kurva substitusi marginal mengabaikan kendala yang menentukan kelayakan produksi.

5. Uang: Tabir Versus Instrumen

Dalam teori neoklasik, uang bersifat netral dalam jangka panjang dan sering diperlakukan sebagai "tabir" atas pertukaran riil. Variabel moneter memengaruhi harga tetapi tidak output riil.

SEV menolak netralitas moneter sepenuhnya. Uang bukanlah eksogen maupun netral. Uang adalah instrumen koordinasi endogen yang muncul karena produksi harus dimulai sebelum output ada. Uang memiliki:

- prioritas logis (ia memulai produksi); tetapi

- tidak memiliki otonomi ontologis (ia tidak dapat menggantikan energi).

Hal ini menyelesaikan kontradiksi dalam teori neoklasik: uang secara bersamaan diperlukan untuk pertukaran namun secara teoritis tidak relevan dengan pembentukan nilai.

6. Distribusi Dan Kekuasaan

Teori neoklasik menjelaskan distribusi pendapatan melalui produktivitas marginal: setiap faktor menerima kontribusinya. SEV mengungkapkan hal ini sebagai tautologi. Distribusi justru diatur oleh:

- kontrol kelembagaan atas penciptaan nilai tukar;
- kewenangan hukum atas klaim surplus di masa depan; dan
- akses yang berbeda terhadap kapasitas transformasi energi dan material.

Nilai tukar mencerminkan hubungan kekuasaan, bukan kontribusi marginal. Bab-bab selanjutnya akan membahas poin ini dan meneliti masalah distribusi keuntungan sebagai contoh penting dari struktur dan kekuasaan rantai pasokan.

7. Krisis Dan Ketidakstabilan Keuangan

Teori neoklasik memperlakukan krisis keuangan sebagai guncangan eksogen, ketidaksempurnaan pasar, atau kegagalan informasi.

SEV menunjukkan bahwa ketidakstabilan keuangan bersifat struktural dan endemik. Karena nilai tukar dapat berkembang lebih cepat daripada produksi energi-material, sistem secara berkala menghasilkan klaim yang tidak dapat ditebus. Krisis adalah rekonsiliasi paksa antara nilai tukar dengan nilai guna. Ini menjelaskan fenomena yang tidak dapat ditangani secara koheren oleh teori neoklasik, seperti:

- gelembung aset tanpa inflasi konsumen;
- stagnasi berkepanjangan meskipun suku bunga rendah; dan
- finansialisasi tanpa pertumbuhan produktivitas.

Perbedaan utama antara SEV dan teori neoklasik dirangkum dalam Tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 1.1 Perbedaan Utama Antara Teori Neoklasik Dan Teori Nilai Tukar Sistemik

Dimensi	Teori Neoklasik	Teori Nilai Tukar Sistemik
Dasar nilai	Preferensi & harga	Transformasi energi-materi
Penggunaan vs pertukaran	Runtuh	Berbeda secara analitis
Uang	Tabir netral	Instrumen koordinasi endogen
Keseimbangan	Sentral	Luar biasa
Substitusi	Tinggi	Terbatas secara fisik
Krisis	Eksogen	Struktural

Dengan mereduksi nilai guna menjadi harga, teori neoklasik mengaburkan:

- batasan fisik terhadap pertumbuhan;
- kerapuhan keuangan sistemik; dan
- fondasi material reproduksi ekonomi.

SEV mengembalikan dimensi-dimensi ini, menyediakan kerangka kerja yang koheren untuk menganalisis akumulasi, krisis, transisi energi, dan pembangunan jangka panjang di dunia yang secara fisik terbatas.

1.7 TEOREMA NILAI TUKAR SISTEMIK

1. Pernyataan Teorema

Dengan arsitektur ini, kita sekarang dapat memformalkan Teorema Nilai Tukar Sistemik, dengan menentukan hubungan struktural antara energi, nilai guna, nilai tukar, dan informasi. Teorema Nilai Tukar Sistemik dapat dinyatakan sebagai berikut: Dalam ekonomi produksi moneter, semua nilai tukar yang terealisasi bergantung pada - dan dibatasi oleh - kapasitas sistem untuk mengubah energi dan material menjadi nilai guna. Nilai tukar memiliki prioritas logis dalam inisiasi produksi tetapi tidak memiliki prioritas ontologis. Perbedaan yang terus-menerus antara perluasan klaim nilai tukar dan kapasitas transformasi energi-material sistem menghasilkan ketidakstabilan dan krisis sistemik. Secara formal kita dapat menyatakan:

Tidak ada perluasan nilai tukar yang berkelanjutan yang pada akhirnya tidak divalidasi oleh transformasi energi yang terealisasi menjadi nilai guna.

2. Definisi

Misalkan:

- E menunjukkan throughput energi yang tersedia dari sistem (aliran energi primer dan sekunder).
- M menunjukkan stok dan aliran material.
- UV menunjukkan nilai guna sebagai keadaan transformasi energi-material.
- EV menunjukkan nilai tukar sebagai klaim yang dimediasi secara sosial atas nilai guna di masa depan.
- EV_U menunjukkan nilai tukar universal (uang-modal).
- EV_C menunjukkan nilai tukar bersyarat (modal keuangan dan fiktif).
- $T(\bullet)$ menunjukkan operator transformasi yang mengubah energi dan material menjadi nilai guna.
- $R(\bullet)$ menunjukkan operator realisasi yang mengubah nilai guna menjadi nilai tukar yang divalidasi melalui penjualan dan pengakuan sosial.

Nilai guna didefinisikan sebagai: $UV = T(E, M)$

Nilai tukar yang direalisasikan didefinisikan sebagai: $EV^r = R(UV)$

Nilai tukar yang diciptakan ex ante (kredit, keuangan) memenuhi: $EV^c \subseteq [EV^r]$

Artinya, nilai tukar yang diciptakan adalah ekspektasi atas nilai tukar yang direalisasikan di masa depan.

3. Proposisi Dan Korolari

Proposisi 1 (Kendala Ontologis)

Untuk setiap periode waktu t ,

$$EV_t^r \leq f(UV_t)$$

di mana $f(\bullet)$ dibatasi oleh kapasitas transformasi energi dan material sistem. Interpretasi: Nilai tukar yang terealisasi tidak dapat melebihi apa yang diproduksi secara fisik.

Akibat 1 (Ekspansi Modal Fiktif)

Nilai tukar bersyarat dapat berkembang tanpa validasi energi langsung, tetapi ekspansi ini terbatas secara temporal dan tidak stabil secara struktural.

Proposisi 2 (Prioritas Lokal Uang)

Untuk setiap proses produksi yang dimulai pada waktu t ,

$$EV_t^c \rightarrow UV_{t+1}$$

Tapi

$$UV_{t+1} \leftrightarrow EV_t^c$$

Interpretasi: Nilai tukar memulai produksi, tetapi nilai guna menentukan apakah nilai tukar tersebut 'divalidasi'.

Akibat 2 (Krisis sebagai Peristiwa Revalidasi)

Krisis ekonomi mewakili rekonsiliasi paksa antara nilai tukar dan nilai guna, biasanya melalui:

- devaluasi klaim keuangan;
- penghancuran atau penghentian kapasitas produktif;
- pengangguran tenaga kerja; atau
- reorganisasi aliran energi dan material.

Proposisi 3 (Endogeneitas Nilai Tukar)

Pasokan nilai tukar ditentukan secara endogen oleh kebutuhan yang diantisipasi untuk memobilisasi transformasi energi-material di masa depan:

$$EV_t^c = g(?? [T(E_{t+1}, M_{t+1})])$$

Interpretasi: Uang dan klaim keuangan muncul dari ekspektasi tentang transformasi produktif di masa depan, bukan dari kontrol moneter eksogen.

Akibat 3 (Batasan Kedaulatan Moneter)

Bahkan dalam sistem dengan penerbitan uang berdaulat, ekspansi nilai tukar tetap dibatasi oleh throughput energi dan material. Kedaulatan moneter menggeser siapa yang menanggung biaya penyesuaian, bukan apakah penyesuaian terjadi.

Proposisi 4 (Kondisi Dekopling)

Ketidakstabilan sistemik muncul ketika:

$$\frac{dEV_c}{dt} > \frac{dUV}{dt}$$

Interpretasi: Ketika klaim keuangan tumbuh lebih cepat daripada kapasitas produktif, kegagalan validasi menjadi tak terhindarkan.

1.8 RINGKASAN

Teorema Nilai Tukar Sistemik menetapkan teori nilai yang non-reduksionis dan berlandaskan fisik di mana:

- nilai guna secara ontologis bersifat utama;
- nilai tukar dikonstruksi secara sosial dan secara logis lebih utama dalam produksi moneter;
- uang bersifat endogen dan instrumental;
- ekspansi keuangan bersifat nyata tetapi terbatas; dan
- krisis bersifat struktural, bukan kebetulan.

Teorema ini melengkapi fondasi energi untuk teori umum tentang nilai kapitalis, akumulasi, dan ketidakstabilan. Bab selanjutnya dibangun di atas dasar-dasar konseptual ini.

BAB 2

ENERGI, UANG, DAN INFORMASI

2.1 ENERGI SEBAGAI NILAI DALAM GERAKAN

Bab ini memperluas struktur dasar nilai dan memperkenalkan energi secara lebih langsung dan eksplisit ke dalam arsitektur konseptual. Konsep teoritis inti yang diperkenalkan adalah:

1. Nilai guna sebagai Energi Tertanam;
2. Nilai tukar sebagai fungsi Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan (EROEI); dan
3. Sirkulasi Sistemik sebagai dialektika yang melibatkan penyeimbangan entropi oleh peningkatan EROEI.

Nilai guna didefinisikan sebagai komoditas dengan Energi Tertanam (EE), yang mencakup energi yang secara fisik terkandung dalam objek dan energi yang dikeluarkan atau terbuang dalam produksi dan pengirimannya. Ini juga mencakup layanan, karena 'layanan' melibatkan energi yang terwujud (manusia berinteraksi dengan objek, misalnya, alat). Untuk keperluan presentasi, istilah 'komoditas' digunakan untuk merujuk pada produk atau barang fisik serta layanan. Efisiensi Energi mencakup input energi langsung (misalnya, bahan bakar dan listrik) dan aliran energi tidak langsung (misalnya, energi yang digunakan untuk memproduksi barang modal, material, dan reproduksi tenaga kerja).

Nilai Tukar (EV) dikonseptualisasikan sebagai penyebut yang dapat dipertukarkan, yaitu, sebagai ukuran relatif EE yang mencerminkan kapasitas komoditas untuk beredar dalam sistem energi yang lebih luas. EV bukanlah sesuatu yang sembarangan tetapi terstruktur oleh dua vektor:

- $EROEI_p$: Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan dalam produksi; dan
- $EROEI_u$: Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan dalam penggunaan (yaitu, produktivitas energi selama konsumsi atau penerapan nilai guna).

Dengan demikian, Nilai Tukar ditentukan oleh fungsi gabungan $EV = f(EE, EROEI_p, EROEI_u)$, yang dimodulasi oleh dinamika kompetitif dan ketersediaan alternatif. Sebagai antisipasi bab selanjutnya, kita dapat mencatat bahwa formulasi ini diaktifkan melalui sintesis pendekatan yang terinspirasi oleh Sraffa terhadap penentuan harga dengan gagasan sederhana tentang kelangkaan yang baru-baru ini diartikulasikan oleh James Galbraith dalam bukunya *Entropy Economics*.

Model SEV menyajikan aktivitas ekonomi sebagai sistem sirkulasi energi, analog dengan "modal sebagai nilai yang bergerak". Dalam sistem ini, nilai guna mewujudkan EE dan bersirkulasi sebagai pertukaran untuk nilai tukar yang dapat dipertukarkan, yang pada gilirannya berfungsi sebagai sinyal dan insentif untuk produksi, distribusi, dan transformasi nilai guna baru. Energi selalu hadir dalam sistem. Hanya bentuk dan konsentrasinya yang

berubah. Tujuan sistemik, meskipun bukan hasil teleologis yang telah ditentukan sebelumnya, adalah untuk:

1. Meningkatkan $EROEI_p$ dalam produksi;
2. Meningkatkan $EROEI_u$ dalam penggunaan; dan
3. Menciptakan kelimpahan dan ketahanan sistemik, memungkinkan reproduksi dengan kemungkinan negentropik.

Inti dari kerangka kerja SEV adalah ketegangan dialektis: sistem ini dibatasi oleh sifat entropi energi dan didorong menuju kelimpahan melalui perilaku strategis agen ekonomi. Dalam konteks ini, kelimpahan bukanlah sekadar peningkatan volume, tetapi perluasan bentuk energi yang dapat digunakan dan memiliki $EROEI$ tinggi yang meningkatkan vektor $EROEI$ di seluruh produksi ($EROEI_p$) dan penggunaan ($EROEI_u$).

Yang terpenting, vitalitas sistem—yaitu, kapasitasnya untuk memperbarui dan memperluas potensi energi—bergantung pada keberadaan alternatif dan persaingan untuk memobilisasinya. Jika nilai tukar ditentukan oleh $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ relatif dari komoditas yang mengandung energi, maka dalam konteks tanpa persaingan dan di mana hanya ada sedikit atau tidak ada alternatif, agen termotivasi untuk membatasi akses ke opsi $EROEI$ yang lebih tinggi untuk mempertahankan atau meningkatkan nilai tukar. Dinamika ini secara struktural identik dengan perilaku rentier di pasar monopoli tetapi didasarkan pada fundamental termodinamika daripada hanya gesekan pasar. Tanpa tekanan kompetitif, rente energi diekstraksi dan inovasi ditekan. Sistem tersebut menjadi parasit alih-alih generatif. Kerangka kerja SEV dengan demikian menetapkan keberagaman energi dan persaingan sebagai kondisi yang diperlukan untuk kelimpahan; ketiadaan keberagaman energi dan persaingan melemahkan prospek kelimpahan.

Penyempurnaan penting dalam teori termodinamika produksi dan sirkulasi yang diusulkan berkaitan dengan hubungan antara surplus energi dan entropi. Interpretasi ekonomi tradisional tentang surplus sering kali menyiratkan stok positif yang berkelanjutan - akumulasi sumber daya di atas tingkat subsisten. Namun, jika dilihat melalui lensa termodinamika, gagasan ini perlu direvisi. Dalam fisika, dan khususnya dalam hukum kedua termodinamika, entropi mewakili kecenderungan energi untuk menyebar ke dalam bentuk yang kurang teratur dan kurang bermanfaat. Batasan universal ini menyiratkan bahwa semua transformasi energi pasti menyebabkan degradasi dalam kapasitas energi untuk melakukan kerja.

2.2 DARI SURPLUS KE ENERGI POTENSIAL YANG TERSEDIA (AEP)

Untuk menyelaraskan realitas ini dengan gagasan surplus, kami mengusulkan pergeseran dalam konseptualisasi: surplus energi harus dipahami sebagai “Energi Potensial yang Tersedia” (AEP) - yaitu, bagian dari energi terpendam dalam suatu sistem yang tetap tersedia untuk transformasi yang bermanfaat sebelum terbuang sebagai panas atau entropi yang terbuang.

Konsep ini berfungsi sebagai prasyarat energi untuk mewujudkan Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan dalam Penggunaan ($EROEI_u$). Alih-alih memperlakukan surplus sebagai stok yang tidak aktif, AEP menyoroti sifat dinamis dan sensitif waktu dari energi yang

bermanfaat. Ini menunjukkan kondisi teknologi, infrastruktur, dan sistemik di mana energi terpendam dapat terus beredar dan memungkinkan pekerjaan produktif.

2.3 ENERGI SURPLUS, ENTROPI, DAN MAKNA KELIMPAHAN

Dalam kerangka kerja sirkulasi energi sistemik yang berlandaskan termodinamika, penting untuk melampaui definisi statis atau samar tentang "surplus energi" yang umum dalam pemikiran ekonomi konvensional. Dalam ekonomi klasik dan neoklasik, surplus sering diperlakukan sebagai output residual setelah input diperhitungkan, biasanya dalam hal tenaga kerja dan modal. Namun, dalam sistem yang diatur oleh hukum termodinamika, formulasi tersebut tidak memadai.

Entropi memperkenalkan transformasi dan degradasi kualitas energi yang tak terhindarkan dari waktu ke waktu. Semua konversi energi dalam produksi atau konsumsi melibatkan tingkat kehilangan yang tidak dapat dipulihkan, yang merusak gagasan sederhana tentang surplus sebagai sisa positif bersih. Oleh karena itu, kami mengusulkan konseptualisasi yang lebih halus dan dinamis:

Energi surplus harus dipahami sebagai Energi Tersedia dalam Potensi (*AEP*) - yaitu, kuantitas energi pada setiap saat tertentu yang tetap dapat digunakan untuk pekerjaan produktif atau transformatif, setelah memperhitungkan disipasi entropi. Rekonseptualisasi ini menghasilkan beberapa klarifikasi kunci:

- Surplus bukanlah sesuatu yang statis: Ini bukan kuantum tetap tetapi merupakan fungsi waktu dan transformasi termodinamika;
- Surplus bersifat kontekstual: Ini bergantung pada kapasitas sistem untuk mengkonversi dan menggunakan energi secara efektif ($EROEI_p$ dan $EROEI_u$); dan
- Surplus adalah vektor tindakan potensial: Ini mewakili cakupan aktivitas produktif yang layak yang dapat dipertahankan oleh suatu sistem.

Hal ini membawa kita pada definisi sistemik yang mendasar tentang kelimpahan dalam istilah ekonomi dan ekologi:

Kelimpahan adalah kuantum Energi Tersedia dalam Potensi (AEP) pada suatu momen tertentu.

Kelimpahan, kemudian, bukanlah masalah kuantitas komoditas atau pilihan konsumen. Ini adalah ukuran waktu nyata dari kesehatan termodinamika dan potensi produktif suatu sistem. Dinamika vektor EROEI dalam produksi ($EROEI_p$) dan dalam penggunaan ($EROEI_u$) tidak hanya menentukan munculnya nilai tukar tetapi juga lintasan sistemik menuju kelimpahan atau kekurangan atau, bahkan, keruntuhan. Dalam kondisi alternatif yang terbatas atau akses energi yang dimonopoli, pelaku ekonomi mungkin termotivasi untuk membatasi *AEP* (Average Energy Production), sehingga mengurangi vitalitas sistem. Sebaliknya, dalam kondisi persaingan terbuka dan inovasi dalam pengembangan vektor energi, sistem cenderung meningkatkan *AEP*, mendorong evolusi teknologi dan menumbuhkan kelimpahan.

Formulasi ulang ini menyelaraskan surplus energi dengan kendala termodinamika dan dinamika informasi sistem energi, memberikan kategori yang lebih ketat dan bermakna secara operasional untuk analisis ekonomi. Dalam kerangka kerja yang berlandaskan termodinamika ini, surplus energi, yang dipahami sebagai *AEP*, bukan hanya sisa abstrak dari output atas input. Ini adalah prasyarat material yang mendasari kemungkinan upah dan keuntungan. Hal ini mengarah pada dua pengamatan utama:

1. Kelimpahan adalah hasil sistem, bukan keadaan keseimbangan, dalam kondisi tertentu. Kelimpahan muncul dari diversifikasi dan persaingan energi, bukan dari optimasi statis di bawah kendala; dan
2. Sistem paling hidup, yaitu paling produktif secara dinamis, ketika alternatif energi ada dan pelaku bersaing untuk mewujudkan konfigurasi EROEI (Energy Return on Energy Efficiency) baru yang lebih tinggi. Dalam konteks seperti itu, nilai tukar cenderung menurun per unit nilai guna energi seiring dengan meningkatnya kelimpahan, mendistribusikan kembali nilai ke arah inovasi dan koordinasi daripada keuntungan dari kelangkaan.

Hal ini sangat kontras dengan kerangka keseimbangan neoklasik di mana kelangkaan menjadi dasar nilai. Dalam sistem SEV, kelimpahan menjadi penarik tingkat yang lebih tinggi, asalkan kondisi keterbukaan, inovasi, dan persaingan sistemik dipertahankan.

2.4 UANG: KLAIM INFORMASI ATAS ENERGI

1. Uang Sebagai Satuan Akun Energi

Dalam sistem nilai energi ini, uang dikonseptualisasikan ulang sebagai klaim yang dapat dipertukarkan atas energi terpendam (*EE*), yang diekspresikan melalui nilai tukar (*EV*). Dengan mengacu pada tradisi uang endogen, saya berpendapat bahwa:

- Uang bukanlah penyimpan nilai *per se*, tetapi media informasi yang dinamis;
- Uang mencatat dan memfasilitasi peredaran nilai guna (*UV*) yang berasal dari energi terpendam, yang dievaluasi berdasarkan pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (*EROEI*). Dalam pengertian ini, uang adalah satuan akun dan media pembayaran; dan
- Hal ini menyelaraskan uang dengan teori informasi ala Shannon, di mana uang memampatkan dan mengkomunikasikan klaim atas aliran energi di masa depan. Saya akan kembali membahas ini di bagian selanjutnya.

2. Penciptaan Kredit Dan Sirkuit EE

Teori uang endogen menekankan bahwa uang diciptakan melalui pemberian pinjaman, sebagai respons terhadap kebutuhan produktif - bukan melalui tabungan sebelumnya. Dalam kerangka kerja kami:

- Kredit *Ct* diterbitkan untuk membiayai produksi nilai guna (*UV*) dengan *EROEI* tinggi;
- Uang *M* beredar sebagai klaim *EE* yang di tokenisasi; dan
- Utang dilunasi ketika *UV* dijual dan nilai tukar *EV* direalisasikan.

Sirkuit uang energi ini dapat dinyatakan sebagai:

$$Ct \rightarrow Mt \rightarrow EE \rightarrow UV \rightarrow EV \rightarrow \text{Pelunasan Utang}_{Ct}$$

Ini secara struktural identik dengan sirkuit SEV yang dibahas sebelumnya, menyoroti bahwa uang adalah klaim sementara atas EE yang bergerak.

3. Digitalisasi dan Efisiensi Moneter

Digitalisasi sistem pembayaran, termasuk blockchain dan penilaian kredit berbasis AI, meningkatkan kecepatan moneter dan mengurangi total M yang dibutuhkan untuk mengedarkan sejumlah stok UV tertentu. Secara spesifik:

- Sistem pembayaran yang lebih cepat menurunkan kebutuhan modal kerja dan kebutuhan penyimpanan; dan
- Hal ini mengurangi biaya energi untuk mengoperasikan sistem moneter itu sendiri.

Oleh karena itu, peningkatan kecepatan (misalnya, melalui pembayaran digital) mengurangi energi yang tertanam dalam operasi sistem moneter, membuat sistem lebih efisien secara energi. Uang, dalam kerangka ini, adalah:

- Token yang diterbitkan secara endogen yang mengkodekan nilai yang diharapkan yang berasal dari EE ;
- Media yang mempercepat peredaran UV sambil meminimalkan biaya energi sistemik; dan
- Perangkat yang memampatkan dan mengkomunikasikan informasi energi yang kompleks, menghubungkan komitmen saat ini dengan pengembalian energi di masa depan.

Rekonseptualisasi ini memperluas teori uang endogen ke domain termodinamika, menawarkan paradigma baru untuk mengevaluasi sistem moneter dan kredit berdasarkan fondasi fisik dan teori informasi. Isu ini akan dibahas lebih lanjut di bab-bab berikutnya ketika saya membahas secara lebih rinci bagaimana kecepatan dan irama variabel peredaran uang dan kredit berinteraksi dengan ritme transformasi energi.

2.5 TEORI SHANNON: ENERGI & INFORMASI TERPADU

Dalam ekonomi kontemporer, data dan digitalisasi semakin sentral bagi produksi dan pertukaran. Fenomena ini bukanlah abstraksi immaterial; melainkan *sistem yang diwujudkan secara energetik* yang membutuhkan energi untuk beroperasi tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi di berbagai sektor. Bagian ini mengintegrasikan teori informasi Claude Shannon dengan kerangka nilai sistemik berbasis EROEI, menciptakan teori organisasi dan transformasi ekonomi yang berlandaskan termodinamika.

1. Energi dan Informasi sebagai Manajemen Entropi

Shannon mendefinisikan informasi sebagai pengurangan ketidakpastian, yang diformalkan melalui konsep entropi. Entropi, dalam pengertian informasional ini, sejajar dengan entropi termodinamika: ia mengukur kekacauan atau keacakan dalam suatu sistem. Pelaku ekonomi terus berupaya mengurangi ketidakpastian untuk memanfaatkan sumber daya secara efisien - khususnya, energi.

Dalam sistem teoretis kita, energi yang tertanam (Nilai Guna) memungkinkan tindakan, dan informasi memungkinkan optimalisasi bagaimana energi tersebut digunakan, sehingga meningkatkan EROEI dalam penggunaan ($EROEI_U$). Sama seperti energi mengurangi entropi fisik, informasi yang layak mengurangi entropi sistemik, memungkinkan penggunaan energi yang lebih produktif dengan lebih sedikit kerugian.

2. Sistem Data Sebagai Peningkat EROEI

Infrastruktur digital, mulai dari sensor dan jaringan komunikasi hingga AI dan analitik prediktif, membutuhkan energi untuk membangun dan beroperasi ($EROEI_p$). Namun, fungsi utamanya adalah untuk mengatur sistem, meningkatkan pengambilan keputusan, dan mengoptimalkan aliran. Hal ini berkontribusi pada $EROEI_U$ yang lebih tinggi di seluruh sistem, misalnya:

- Rantai pasokan menjadi lebih responsif dan efisien;
- Transportasi mengurangi jarak tempuh kosong dan pemborosan bahan bakar;
- Sistem pertanian mengoptimalkan input air, pupuk, dan energi; dan
- Sistem kesehatan dan pendidikan memberikan hasil yang lebih efisien.

Dengan demikian, sistem data meningkatkan vektor EROEI bukan dengan meningkatkan *pembilang* (output energi) itu sendiri, tetapi dengan mengurangi pemborosan energi dan entropi, terutama pada sisi penggunaan. Data dapat mengubah koefisien produksi, vektor EROEI, dengan implikasi aliran sistemik.

Meskipun demikian, tidak semua data berhasil meningkatkan vektor EROEI bersih. Sistem informasi sering dianggap tidak berwujud dan secara inheren meningkatkan efisiensi. Pada kenyataannya, sistem informasi mengkonsumsi energi ($EROEI_p$ informasional) dan hanya berkontribusi pada kelangsungan sistem jika mengurangi entropi atau meningkatkan produktivitas ($EROEI_U$ informasional). Jika biaya energi dari suatu sistem informasi melebihi kontribusinya untuk mengurangi entropi atau meningkatkan EROEI, maka itu merupakan kerugian termodinamika. Oleh karena itu, kelangsungan informasional harus dinilai kasus per kasus, dengan mempertimbangkan nilai dan kompleksitas sistem yang diatur. Sistem dengan nilai tukar rendah atau dampak sistemik rendah tidak boleh menanggung biaya informasional yang tinggi.

3. Pembayaran Digital Dan Sirkulasi Energi

Fungsi pembayaran digital juga dapat dilihat dalam istilah termodinamika-informasional. Uang dalam kerangka kerja kita adalah token yang dapat dipertukarkan dari energi tertanam relatif, suatu bentuk klaim pengurangan entropi yang dapat dipertukarkan. Sistem pembayaran memungkinkan koordinasi dan sirkulasi Nilai Guna. Sistem pembayaran digital:

- Mempercepat sirkulasi Nilai Tukar;
- Mengurangi ketidakpastian transaksi;
- Meminimalkan intensitas energi dari kepercayaan, verifikasi, dan pencatatan; dan
- Menurunkan jumlah uang "diam" yang dibutuhkan dalam perekonomian (misalnya, modal kerja atau cadangan).

Dalam istilah Shannon, jaringan pembayaran digital yang efisien tinggi mengkompresi dan mengirimkan informasi dengan lebih bersih dan cepat, memungkinkan koordinasi yang lebih lancar dengan biaya energi yang lebih rendah.

4. Menuju Teori Nilai Terpadu

Sintesis ini memungkinkan kita untuk mengusulkan teori nilai sistemik yang terpadu secara energetik dan informatif. Proposisi kuncinya adalah:

1. Informasi (Shannon) dan Energi (termodinamika) terhubung melalui entropi;
2. Nilai Guna adalah sistem energi yang terwujud; nilainya ditentukan oleh profil $EROEI$ -nya dalam produksi dan penggunaan;
3. Nilai Tukar adalah representasi informasional dari perpotongan efisiensi energi relatif dalam produksi dan potensi energi, yang membutuhkan sistem sinyal yang efisien untuk berkoordinasi;
4. Data dan Sistem Digital berfungsi sebagai peredam entropi - mereka adalah sistem berdaya ungkit tinggi, bermassa rendah yang memaksimalkan $EROEI_u$ bila dirancang dengan benar; dan
5. Sirkulasi Moneter dan keuangan digital adalah bentuk kompresi dan transfer entropi informasional yang memengaruhi kecepatan dan struktur aliran nilai energi.

Pandangan terintegrasi ini berbeda dari teori keseimbangan umum tradisional. Alih-alih harga muncul dari utilitas marjinal dan kurva penawaran-permintaan di pasar tanpa gesekan, nilai muncul dari karakteristik termodinamika dan informasi sistem. Ini termasuk kemampuan agen untuk mengurangi entropi dan meningkatkan produktivitas melalui penggunaan informasi dan vektor energi yang lebih baik.

2.6 DINAMIKA SURPLUS, UANG, DAN UPAH-LABA

Dalam ekonomi produksi moneter, distribusi upah dan keuntungan sering disalahpahami sebagai konsekuensi dari output "riil" atau tabungan sebelumnya. Namun, jika dilihat melalui lensa teori energi sistemik dan uang endogen, upah dan keuntungan lebih baik dikonseptualisasikan sebagai klaim atas energi surplus yang diantisipasi, yang difasilitasi melalui suntikan likuiditas yang terjadi sebelum produksi aktual. Bagian ini memformalkan hubungan dinamis antara surplus termodinamika, likuiditas moneter, dan sirkulasi ekonomi.

1. Likuiditas Sebagai Antisipasi Energi Surplus Masa Depan

Dalam teori uang endogen, kredit diterbitkan oleh bank bukan dari cadangan yang ada, tetapi sebagai respons terhadap ekspektasi kapasitas pembayaran kembali di masa depan. Hal ini sendiri bergantung pada aktivitas ekonomi produktif. Dalam kerangka kerja terintegrasi kami, kapasitas produktif harus didasarkan pada energi surplus bersih (AEP) yang muncul dari kombinasi produksi dan potensi $EROEI$ (yaitu, $EROEI_p$ dan $EROEI_u$). Penerbitan uang, kemudian, merupakan antisipasi moneter terhadap produktivitas energi di masa depan.

Sifat antisipatif ini menyiratkan bahwa likuiditas bukanlah netral tetapi terarah: ia mencari vektor surplus yang diharapkan. Pada intinya, likuiditas berfungsi sebagai sinyal dan pendorong transformasi energi di masa depan, memperkuat keselarasan antara arus keuangan dan struktur termodinamika ekonomi.

2. Uang Dan Keuntungan Saat Ini Sebagai Penarikan Likuiditas Sebelumnya

Uang yang dibayarkan sebagai upah atau didistribusikan sebagai keuntungan pada waktu t merupakan penarikan likuiditas yang secara endogen diciptakan pada waktu $t-1$, berdasarkan kapasitas produktif yang diantisipasi pada waktu $t+1$. Ini memperkenalkan logika temporal pada sirkulasi ekonomi:

Injeksi likuiditas $t-1 \rightarrow$ Produksi, upah, dan distribusi $t \rightarrow$ Realisasi surplus dan penyelesaian utang $t+1$

Struktur ini mengungkapkan bagaimana sirkuit moneter dan energi saling terkait: uang memajukan produksi, yang harus menghasilkan surplus energi riil untuk memvalidasi penciptaan likuiditas. Ketika uang tidak memajukan produksi dan peningkatan bersih dalam AEP sistemik atau mengurangi entropi sistemik, hal itu dapat berkontribusi pada maladaptasi sistemik yang bermanifestasi dalam penurunan kesejahteraan atau berkurangnya kapasitas adaptif dalam menghadapi akumulasi entropi.

3. Lingkaran Umpan Balik: Ekspektasi EROEI Mendorong Likuiditas

Bank dan pelaku keuangan, secara implisit atau eksplisit, mengevaluasi $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ ketika menilai kelayakan kredit proyek ekonomi. Ekspektasi EROEI yang tinggi menarik investasi dan likuiditas, memperluas sirkuit moneter dan memungkinkan pertukaran Nilai Guna dengan Nilai Tukar yang lebih luas.

Namun, kesalahan estimasi sistemik, seperti yang terlihat dalam gelembung aset atau krisis keuangan, menghasilkan klaim moneter yang tidak didukung oleh surplus energi riil. Ketidaksihinggaan ini memicu krisis validasi, yang bermanifestasi sebagai inflasi, insolvensi, atau stagnasi.

4. Uang Sebagai Klaim Abstrak Atas Surplus Termodinamika

Dalam kerangka ini, uang bertindak bukan hanya sebagai alat tukar, tetapi sebagai sinyal informasi dan klaim abstrak atas surplus energi di masa depan. Setiap unit uang dapat dipahami sebagai pengkodean ekspektasi probabilistik akses masa depan terhadap Energi Tertanam (EE), yang berakar pada dinamika EROEI sistem.

Interpretasi ini selaras dengan teori informasi Shannon dan teori uang fiat sebagai likuiditas yang dijamin secara sosial - ini adalah sinyal yang didukung oleh kredibilitas kelembagaan dan potensi produksi masa depan.

5. Kebijakan Dan Stabilitas Sistem

Keberlanjutan pertumbuhan dan distribusi ekonomi bergantung pada keselarasan antara:

- Ekspektasi moneter (injeksi likuiditas);
- Kelayakan termodinamika (AEP bersih); dan
- Peningkatan EROEI sistemik melalui inovasi.

Oleh karena itu, kerangka kebijakan harus bergeser dari optimasi penawaran-permintaan statis ke pengelolaan dinamis lintasan EROEI dan memastikan bahwa penciptaan likuiditas mendukung transformasi energi yang nyata, khususnya di sektor-sektor yang terkait dengan infrastruktur, sistem digital, dan energi terbarukan. Kegagalan untuk menambatkan

likuiditas pada fundamental termodinamika menghasilkan apa yang dapat disebut sebagai kelebihan moneter, yaitu proliferasi klaim yang tidak dapat divalidasi oleh basis energi, yang menyebabkan ketidakseimbangan sosial dan ekonomi.

Bagian ini berfungsi sebagai jembatan antara ekonomi politik termodinamika dan teori moneter endogen, menyatukan energi, nilai, dan dinamika keuangan ke dalam kerangka kerja yang kohesif. Oleh karena itu, kerangka kerja ini menyiratkan bahwa surplus energi sejati bukanlah kuantitas absolut tetapi merupakan fungsi dari kapasitas sistemik dan resistensi entropi. Dengan demikian, pengejaran kelimpahan harus dipahami sebagai perlombaan melawan entropi, yaitu, proses inovasi konstan untuk meningkatkan aksesibilitas, umur panjang, dan produktivitas vektor energi yang tersedia. Kita dapat menyimpulkan bagian ini dengan mengamati hal-hal berikut:

1. Tidak ada surplus absolut: Surplus selalu bergantung pada arsitektur sistem, karakteristik vektor energi, dan dinamika entropi;
2. $EROEI_u$ menjadi ukuran operasional vitalitas sistem energi, yang mengintegrasikan potensi dan efisiensi dari waktu ke waktu; dan
3. Kebijakan, infrastruktur, dan pilihan teknologi harus dievaluasi berdasarkan dampaknya terhadap AEP dan $EROEI_u$, bukan melalui gagasan statis tentang surplus input-output atau keuntungan finansial.

2.7 ALOKASI MONETER, MALADAPTASI, DAN LINTASAN EROEI

Dalam sistem yang diatur oleh penciptaan uang endogen, alokasi kredit mencerminkan ekspektasi nilai ke depan. Namun, adaptasi sistemik bergantung pada penyelarasan aliran moneter ini dengan sektor-sektor yang menghasilkan EROEI tinggi dan meningkat baik dalam produksi maupun penggunaan. Ketika kredit secara tidak proporsional mendukung sektor-sektor dengan EROEI yang rendah atau menurun secara terus-menerus, hasilnya adalah maladaptasi moneter - ketidaksesuaian struktural antara komitmen keuangan dan kelayakan termodinamika.

Dalam kondisi ini, efisiensi sistemik menurun. Likuiditas terkunci dalam sirkuit nilai yang menghasilkan pengembalian yang semakin berkurang sekaligus menghambat investasi pada alternatif dengan potensi adaptif yang lebih tinggi. Ini termasuk infrastruktur energi terbarukan, alat koordinasi digital, transportasi efisiensi tinggi, dan sistem penyediaan yang tangguh. Hasilnya adalah:

- Kapasitas adaptif yang berkurang;
- Beban entropi yang lebih tinggi untuk output nilai yang setara;
- Rekonfigurasi sistem yang tertunda dan rezim energi yang terkunci; dan
- Kerapuhan finansial karena basis modal yang terlalu banyak berutang dan kurang produktif.

Konsekuensi jangka panjangnya adalah ketergantungan jalur dan kekakuan struktural - suatu bentuk akumulasi entropi makroekonomi yang menolak transformasi bahkan ketika alternatif yang layak ada. Dengan demikian, kelangsungan termodinamika ekonomi menjadi sandera logika alokasi kreditnya. Untuk menghindari hal ini, tata kelola moneter harus

bergeser dari metrik volume sisi permintaan ke indikator sistem adaptif yang didasarkan pada analisis vektor EROEI.

Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang investasi. Kami membedakan dua jenis aliran investasi:

1. Investasi yang didorong oleh kapasitas (diinduksi); dan
2. Investasi yang meningkatkan EROEI (Inovatif).

Yang pertama didorong oleh ekspektasi sisi permintaan ketika sistem produktif saat ini mendekati batas fisik atau sistemiknya. Ini dapat dianggap sebagai aktivitas dengan risiko relatif rendah karena beroperasi dalam batas dan teknologi sistem yang diketahui - tingkat dan parameter EROEI yang ada berlaku. Investasi yang diinduksi mempertahankan stabilitas sistem dan memperluas kapasitas dalam jangka pendek. Dengan demikian, kapasitas ditingkatkan sebagai respons terhadap kebutuhan permintaan (yang diantisipasi). Yang kedua, di sisi lain, berfokus pada R&D dan inovasi, menargetkan potensi peningkatan pada pemanenan/konversi energi (meningkatkan $EROEI_p$), infrastruktur penggunaan energi (meningkatkan $EROEI_u$), dan teknologi penekan entropi (misalnya, sistem cerdas, otomatisasi, dan beberapa AI). Aktivitas investasi semacam itu dapat dikatakan diberi insentif dalam lingkungan entropi tinggi, karena ada peningkatan urgensi, tetapi dapat ditekan karena ketidakpastian yang tinggi kecuali potensi kerugian diimbangi oleh keuntungan EROEI yang diharapkan besar. Investasi yang meningkatkan EROEI meningkatkan kemampuan adaptasi sistem, meningkatkan surplus dan ketahanan di masa depan, tetapi membawa ketidakpastian dan penundaan waktu yang melekat.

Keduanya penting, tetapi keduanya berbeda dalam beberapa hal utama, yang dirangkum dalam Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Dua Jenis Investasi

Fitur	Investasi Berbasis Kapasitas	Investasi Berbasis EROEI
Katalis	Perkiraan kesenjangan permintaan	Entropi sistemik + penurunan surplus
Profil Risiko	Rendah (dibatasi oleh teknologi saat ini)	Tinggi (hasil yang tidak pasti)
Cakrawala Waktu	Jangka pendek-menengah	Jangka panjang
Peran dalam rezim SEV	Stabilisasi	Evolusi dan Adaptasi

2.8 BEBERAPA IMPLIKASI TEORETIS

Bab ini bertujuan untuk lebih memperjelas beberapa konsep, dan juga membandingkannya dengan pendekatan arus utama dan pendekatan lainnya. Implikasi utamanya adalah sebagai berikut:

1. Mengkritik seluruh pendekatan marginalisme terhadap penentuan harga, dengan memperluas wawasan Sraffa;
2. Menggugat asumsi ekonomi arus utama tentang sistem yang mendekati keseimbangan ceteris paribus, menunjukkan bahwa sebaliknya, sistem sosial-ekonomi yang

- didasarkan pada termodinamika pada dasarnya berada dalam fluks dan tidak seimbang;
3. Menambah kritik terhadap pendekatan fungsi produksi Cobb Douglas terhadap produktivitas, menunjukkan bahwa produktivitas dan kekayaan adalah pertanyaan transformasi dan aliran energi;
 4. Menggugat konseptualisasi arus utama tentang investasi produktivitas dan pemborosan, dengan menegaskan bahwa produktivitas hanya bermakna dari waktu ke waktu;
 5. Secara langsung melengkapi gagasan Sraffa tentang komoditas standar (sebuah abstraksi) dengan konsep konkret dan materialistis yang didasarkan pada energi;
 6. Teori ini mencakup informasi sebagai kategori nilai, yaitu, informasi didasarkan pada biaya energi dan potensi pengurangan entropi;
 7. Teori ini melengkapi teori uang endogen yang menunjukkan perlunya fokus pada disiplin likuiditas adaptif yang berakar pada biofisika dan persyaratan sistem untuk peningkatan EROEI sebagai area prioritas likuiditas utama; dan
 8. Teori ini menunjukkan perlunya ekonomi politik termodinamika sebagai kerangka kerja yang luas.

1. Marginalisme Dan Penentuan Harga

Teori nilai sistemik yang berlandaskan termodinamika ini menumbangkan pandangan marginalis bahwa harga adalah hasil dari keseimbangan antara preferensi subjektif dan kelangkaan. Sebaliknya, harga muncul dari kendala material dan energi sistemik, yang terstruktur oleh dinamika EROEI, bukan dari persimpangan penawaran dan permintaan.

Kritik Sraffa terhadap teori modal marginalis, khususnya ketidakmungkinan untuk mereduksi modal menjadi kuantitas terukur homogen yang independen dari harga, diselesaikan dengan menempatkan nilai pada efisiensi energi (EE) dan produktivitas berbasis EROEI-nya. Alih-alih lingkaran umpan balik tautologis antara modal, produksi, dan harga, SEV memperlakukan modal sebagai konfigurasi energi yang tertanam dalam infrastruktur produktif yang nilainya muncul dari dinamika energi sistemik. Kritik ini diuraikan lebih lanjut di bab berikutnya.

2. Dialektika Antara Entropi Dan Optimasi EROEI: Menghancurkan Paradigma Keseimbangan Utama

Teori ekonomi arus utama bertumpu pada metafora keseimbangan harga-bersih, di mana penawaran dan permintaan bertemu melalui utilitas marjinal dan perhitungan biaya. Namun, metafora ini runtuh dalam dunia termodinamika di mana produksi dan konsumsi tidak dapat dibalik dan bersifat entropik.

Entropi, yang didefinisikan sebagai disipasi energi ke dalam bentuk yang tidak dapat digunakan, selalu ada dalam sistem. Aktivitas ekonomi tidak pernah bisa sepenuhnya sirkular karena setiap transformasi menimbulkan kehilangan energi. Oleh karena itu, dialektika antara entropi dan optimasi EROEI mendefinisikan evolusi sistem. Pelaku ekonomi, institusi, dan teknologi semuanya diberi insentif untuk mencari konfigurasi yang memaksimalkan energi produktif yang dikembalikan relatif terhadap energi yang diinvestasikan, tunduk pada

distribusi kepemilikan dan kendali atas berbagai kemungkinan energi - dengan kata lain, sejauh mana terdapat persaingan dan ketersediaan alternatif.

Dalam pengertian ini, optimasi sistemik bukanlah menuju keseimbangan statis, tetapi menuju konfigurasi yang menunda atau memperlambat penurunan entropi dengan meningkatkan EROEI dari waktu ke waktu. Hal ini dicapai melalui inovasi, infrastruktur, dan substitusi vektor pemborosan tinggi dengan alternatif pengembalian tinggi. Ini secara fundamental mengubah pemahaman kita tentang dinamika ekonomi dan menempatkan produktivitas energi, bukan harga pasar, sebagai penggerak utama transformasi.

3. Memikirkan Kembali Produktivitas: Menantang Kerangka Kerja Cobb-Douglas

Ekonomi arus utama mengoperasionalkan produktivitas melalui fungsi produksi Cobb-Douglas, yang menyatakan output sebagai fungsi dari input tenaga kerja dan modal (biasanya: $Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta$). Namun, pendekatan ini mengabstraksikan fondasi biofisik dan energi dari produksi. Modal dan tenaga kerja diperlakukan sebagai "kotak hitam," tanpa mempertimbangkan aliran energi, efisiensi transformasi, atau degradasi material.

Kerangka kerja SEV menolak abstraksi ini. Sebaliknya, teori ini memperlakukan produktivitas sebagai tingkat di mana efisiensi energi (EE) diubah menjadi keluaran energi yang dapat digunakan melalui sistem sosio-teknis. EROEI yang lebih tinggi dalam produksi ($EROEI_p$) berarti lebih banyak energi yang dikembalikan untuk investasi tertentu, yang secara langsung menghubungkan produktivitas dengan efisiensi energi. Tenaga kerja dan modal itu sendiri dipandang sebagai agen pengalih energi: tenaga kerja sebagai energi yang terwujud, modal sebagai energi yang tersimpan dalam mesin, peralatan, dan infrastruktur.

Pembingkai ulang ini memberikan dasar fisik dan terukur untuk produktivitas yang mengungkapkan penurunan produktivitas marjinal modal berbasis bahan bakar fosil dan produktivitas sistemik yang lebih unggul dari infrastruktur energi berbasis terbarukan. Ini menyoroti bahwa pertumbuhan ekonomi bukanlah tanpa batas, tetapi diatur oleh kendala termodinamika dan peluang untuk peningkatan EROEI.

4. Waktu, Infrastruktur, Dan Nilai Vektor Energi

Teori nilai standar mengabaikan temporalitas dalam menilai investasi. Namun, di bawah SEV, waktu menjadi dimensi penting dalam menentukan nilai sistemik vektor energi. Investasi infrastruktur, seperti jaringan transportasi, perumahan, sistem air limbah, atau sistem komunikasi digital, mungkin tampak tidak efisien dalam hal ROI konvensional tetapi memiliki $EROEI_u$ yang tinggi karena memungkinkan penggunaan energi yang lebih produktif dalam jangka waktu yang panjang.

Faktor waktu dengan demikian memodifikasi baik $EROEI_p$ maupun $EROEI_u$ dari nilai guna. Misalnya, sistem kereta api listrik mungkin membutuhkan waktu puluhan tahun untuk mengamortisasi biaya efisiensi energinya tetapi memberikan pengembalian sistemik yang berkelanjutan melalui kapasitas transportasi yang padat dan rendah karbon. Urbanisasi, ketika terstruktur di sekitar infrastruktur dengan EROEI tinggi, menjadi platform untuk kehidupan yang hemat energi. Demikian pula, pengolahan air limbah dan jaringan digital mengurangi limbah, meningkatkan koordinasi energi, dan meningkatkan potensi produktivitas energi dari sistem secara keseluruhan.

Wawasan ini memberikan dasar pemikiran untuk investasi publik dan kolektif jangka panjang. Dengan demikian, SEV menggeser evaluasi ekonomi dari sinyal harga jangka pendek ke pengembalian energi sistemik jangka panjang, yang diukur sepanjang masa pakai infrastruktur fisik dan kelembagaan.

5. Dari Komoditas Standar Sraffa Ke Vektor Energi: Ukuran Universal Yang Berbasis Pada Kenyataan

Dalam *Produksi Komoditas dengan Menggunakan Komoditas*, Sraffa memperkenalkan konsep komoditas standar. Ini adalah komoditas komposit yang proporsinya sedemikian rupa sehingga rasio surplus terhadap input tetap konstan, memungkinkan penentuan tingkat keuntungan umum. Konsep ini, meskipun ampuh dalam menantang teori nilai marginalis, bersifat abstrak dan terputus dari karakteristik material nilai guna atau dari dasar termodinamika apa pun.

Dalam kerangka SEV, saya mencoba untuk memperluas dan mengkonkretkan konsep komoditas standar Sraffa dengan memperkenalkan gagasan vektor energi; yaitu, profil energi tertanam yang berbeda dan berbasis material yang beredar dalam sistem produksi dan konsumsi. Setiap vektor energi didefinisikan oleh energi yang terkandung di dalamnya, EROEI produksi ($EROEI_p$), dan EROEI potensial ($EROEI_u$), yang memberikan landasan ontologis dan kuantitatif untuk menilai nilai.

Di mana Sraffa menggunakan komoditas standar sebagai alat analisis untuk mendefinisikan tingkat keuntungan umum dan menstabilkan hubungan antara input dan output, sistem SEV menggunakan vektor energi sebagai entitas nyata yang berlandaskan termodinamika yang melakukan fungsi serupa tetapi dengan implikasi yang lebih kaya:

- Mereka menawarkan penyebut universal dan fisik dari nilai ekonomi, bukan hanya dalam satuan abstrak tenaga kerja atau surplus, tetapi dalam istilah yang bermakna secara energetik;
- Mereka memungkinkan perbandingan nilai antar waktu dan antar sektor yang menghormati kendala material dan potensi produktif, daripada mengasumsikan kesamaan hanya melalui harga; dan
- Mereka mengoperasionalkan teori kelimpahan sistemik, memungkinkan seseorang untuk melacak bagaimana konfigurasi vektor energi yang berbeda berkembang secara dinamis di seluruh sistem produksi dan masyarakat.

Dengan cara ini, SEV menggantikan komoditas standar abstrak dengan ukuran nilai yang didasarkan secara empiris dan dinamis secara sistemik, sehingga menggabungkan kritik logis Sraffa terhadap marginalisme dengan realisme termodinamika ekonomi ekologi. Reorientasi ini mengangkat energi itu sendiri, bukan hanya sebagai input, tetapi sebagai logika penataan nilai, menjembatani ekonomi politik klasik dan ilmu keberlanjutan abad ke-21.

6. Informasi Sebagai Infrastruktur Energi

Penyertaan informasi sebagai kategori nilai - yang didasarkan pada biaya energi dan kapasitas pengurangan entropi - memperluas faktor produksi tradisional. Informasi memiliki EROEI baik dalam produksi maupun penggunaan, dan harus dievaluasi atas kontribusinya dalam mengurangi entropi terhadap sistem.

Pembingkiaan ulang ini selaras dengan model entropi Shannon dan memposisikan informasi bukan sebagai sinyal abstrak, tetapi sebagai fungsi material dan energik yang memungkinkan koordinasi, pembelajaran, dan adaptasi. Pertanyaan tentang informasi dan 'kelayakannya' dibahas lebih rinci dalam bab selanjutnya, dan di seluruh bagian lain buku ini saat kita mempertimbangkan relevansi sistem validitas informasi dalam konteks siklus realisasi dan kecepatan. Hal ini memiliki implikasi terhadap ekspansi kredit dan stabilitas sistem.

7. Uang Endogen Dan Likuiditas Antisipatif

Teori moneter juga harus bergeser. Dalam kerangka SEV, uang adalah klaim endogen yang dikodekan secara informasional atas surplus energi masa depan. Uang diciptakan melalui penerbitan kredit berdasarkan ekspektasi kapasitas produktif masa depan, dan menjadi berkelanjutan hanya jika dikaitkan dengan peningkatan AEP.

Ketika aliran moneter tidak selaras - khususnya ketika kredit secara tidak proporsional diarahkan ke sektor-sektor dengan EROEI rendah - hasilnya adalah maladaptasi sistemik, mengurangi inovasi dan produktivitas energi. Dinamika ini menggantikan kontrol inflasi dan asumsi netralitas dengan fokus pada disiplin likuiditas adaptif yang berakar pada realitas biofisik.

2.9 KESIMPULAN

Bab ini telah mengusulkan kerangka kerja terpadu untuk memahami nilai, produksi, dan sirkulasi yang didasarkan pada termodinamika, teori informasi, dan endogenitas moneter. Dengan mengganti keseimbangan marginalis dengan realisme energi sistemik, bab ini menggambarkan model yang koheren secara material di mana nilai bukanlah konstruksi abstrak yang didorong oleh utilitas, tetapi merupakan fungsi transformasi energi, manajemen entropi, dan koordinasi dinamis.

Di pusat model ini terletak konsep Nilai Tukar Sistemik (SEV), sebuah proses di mana energi yang tertanam dimobilisasi, ditransformasikan, disirkulasikan, dan direproduksi. Uang bukanlah tabir netral tetapi klaim informasional yang dinamis atas surplus energi di masa depan; informasi bukanlah hal yang tidak berwujud, tetapi aktivitas energi terstruktur yang bertujuan untuk mengurangi entropi dan memungkinkan penyelarasan produktif. SEV dapat diringkas sebagai berikut:

Klaim Moneter (M) \rightarrow Akuisisi Nilai Guna (C) \rightarrow Klaim Baru (Upah) \rightarrow Produksi (P) \rightarrow Nilai Guna Baru (C') \rightarrow Konsumsi; Nilai Tukar Terealisasi (M') \rightarrow M' \rightarrow Klaim Baru (Keuntungan) \rightarrow Tabungan + Reinvestasi(M_i) \rightarrow EE_{t+1}

Ini mencerminkan struktur $M - C - P - C' - M'$ Marx, tetapi dengan lapisan energi spesifik SEV. Setiap tahap menyertakan dinamika energi dan entropi:

1. $M \rightarrow C$ (Mobilisasi Input):
 - a. Uang diterbitkan sebagai klaim atas EE dalam potensi;
 - b. Komoditas yang diperoleh (tenaga kerja, mesin, dan input mentah) masing-masing mengandung energi tertanam (EE);

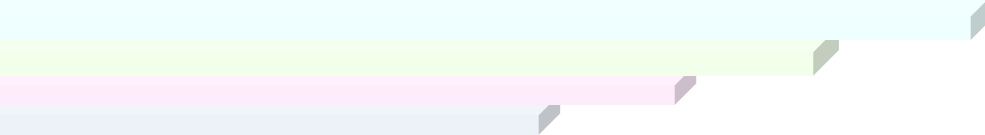
- c. Ini adalah tindakan antisipatif berdasarkan AEP yang diharapkan dan transformasi produktif;
2. $C \rightarrow P$ (Produksi):
 - a. Energi dikonsumsi, ditransformasikan, dan didegradasi;
 - b. $EROEI_p$ mendefinisikan efisiensi konversi energi dalam produksi;
 - c. Entropi dihasilkan dan (sebagian) diimbangi melalui infrastruktur, koordinasi, dan sistem informasi;
3. $P \rightarrow C'$ (Nilai Penggunaan Keluaran):
 - a. Nilai penggunaan baru diciptakan dengan potensi EE dan $EROEI_u$ yang diperbarui;
 - b. Sistem informasi dapat meningkatkan penggunaan energi yang efektif melalui koordinasi cerdas (jika memungkinkan);
4. $C' \rightarrow M'$ (Realisasi):
 - a. Nilai penggunaan dipertukarkan, mengembalikan klaim moneter yang didukung oleh AEP yang terealisasi;
 - b. Jika nilai penggunaan tidak mengembalikan nilai sistemik yang lebih besar daripada biayanya, $M' < M$, kita melihat kerugian termodinamika;
 - c. Likuiditas yang tidak terbelanja/tidak diinvestasikan dipertahankan sebagai tabungan. Dengan demikian, tabungan merupakan artefak residual dari dinamika likuiditas, distribusi, dan realisasi sistem, bukan kendala a priori pada pengembangan sistem.

Sirkuit tersebut bereproduksi dan berevolusi seiring klaim di masa depan yang memanfaatkan surplus dan AEP saat ini, di mana reinvestasi dalam produksi dan R&D memengaruhi $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ di masa depan, sehingga akumulasi entropi harus diimbangi oleh inovasi, pemeliharaan, dan tata kelola informasi. Sistem yang dijelaskan di sini tidak mencapai keseimbangan. Sistem ini berada dalam fluks abadi, dibentuk oleh dialektika antara dua kekuatan fundamental:

- Entropi, yang menurunkan produktivitas dan informasi, mendorong sistem menuju kekacauan dan kehilangan energi; dan
- Upaya adaptif untuk meningkatkan $EROEI_u$, yang berupaya memperpanjang produktivitas dan umur panjang penggunaan energi dengan mengurangi entropi informasi - ketidakpastian dalam produksi, koordinasi, dan kontrol sistem.

Dialektika ini mendefinisikan gerakan dan karakter evolusioner sistem ekonomi. Tidak seperti model neoklasik, yang berupaya mencapai stasis yang menyeimbangkan harga, kerangka kerja SEV menggambarkan sistem yang harus terus-menerus mengorientasikan dirinya di sekitar vektor energi baru, logika infrastruktur, dan struktur informasi untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Kelangsungan hidup dan kemakmuran jangka panjang dari setiap sistem ekonomi bergantung pada kemampuannya untuk:

- Memperluas Energi Potensial yang Tersedia (AEP);
- Meningkatkan efisiensi sirkulasi dan koordinasi; dan
- Mengurangi entropi fisik dan informasional di seluruh sirkuit nilainya.



Uang endogen ditunjukkan sebagai surplus-antisipatif. Kredit tidak netral tetapi memproyeksikan harapan akan kelangsungan sistemik di masa depan. Kelangsungan sistemik hanya terjaga ketika “energi yang digunakan → energi yang dikembalikan dalam sirkuit masa depan” melebihi entropi. Informasi menjadi alat yang, jika layak, membantu memastikan $M' > M$ dengan meningkatkan koordinasi dan mengurangi pemborosan sistemik. Reorientasi teori ekonomi ini tidak hanya menawarkan kritik terhadap arus utama, tetapi mungkin juga fondasi untuk metrik, kebijakan, dan institusi baru yang berakar pada realitas energi, waktu, dan entropi. Bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dari waktu ke waktu akan dieksplorasi lebih lanjut di bab berikutnya, ketika kita memperkenalkan gelombang jangka panjang ke dalam arsitektur teoretis.

BAB 3

RANTAI PASOKAN DI SEV

3.1 PENDAHULUAN

Bab ini memperluas kritik Sraffa terhadap ontologi atomistik Marshall yang diuraikan pada bab sebelumnya, dan menafsirkan kembali holisme formal Sraffa melalui gagasan rantai pasokan dan rantai pasokan bersarang. Konsep rantai pasokan telah menjadi umum dalam wacana geopolitik, ekonomi, dan kebijakan kontemporer. Biasanya, konsep ini menggambarkan jaringan yang saling terkait antara perusahaan, teknologi, dan sistem logistik yang mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Rantai pasokan juga merupakan serangkaian laporan pendapatan dan pengeluaran, aset dan kewajiban yang saling terkait, serta jaringan yang saling terkait antara penciptaan dan sirkulasi informasi. Namun, di luar dimensi operasional dan manajerialnya, rantai pasokan juga merupakan objek intelektual yang kuat. Rantai pasokan menangkap tingkat meso kehidupan ekonomi - jaringan penghubung antara perilaku perusahaan tingkat mikro dan dinamika serta hasil struktural tingkat makro. Pada tingkat inilah ekonomi mereproduksi dirinya sendiri: di mana material dimobilisasi, surplus dihasilkan, dan distribusi dinegosiasikan.

Ekonomi konvensional, mengikuti garis keturunan Marshall, memandang ekonomi sebagai kumpulan pasar atomistik yang cenderung menuju keseimbangan melalui penyesuaian independen dari penawaran dan permintaan. Dalam pandangan ini, setiap perusahaan adalah penerima harga, dan harga ditentukan oleh biaya marjinal dan utilitas marjinal. Keseimbangan yang dihasilkan mewakili titik efisiensi alokatif, di mana sumber daya didistribusikan secara optimal sesuai dengan kelangkaan dan preferensi. Namun model ini, meskipun tampak elegan, mengabaikan saling ketergantungan yang mendefinisikan produksi aktual. Tidak ada perusahaan yang memproduksi secara terisolasi; setiap unit produktif bergantung pada unit lain - secara langsung atau tidak langsung - untuk input, saluran distribusi, dan kelangsungan finansialnya.

Justru saling ketergantungan inilah yang diungkapkan Piero Sraffa dalam karyanya *Produksi Komoditas dengan Menggunakan Komoditas*, meskipun dapat dikatakan bahwa skema reproduksi Marx merupakan prototipe awal dari konseptualisasi tersebut. Kritik Sraffa terhadap marginalisme mengungkapkan bahwa harga tidak dapat ditentukan oleh perpotongan kurva penawaran dan permintaan karena produksi bersifat sirkular dan sistemik. Setiap barang merupakan input dan output dari sistem tersebut. Biaya bergantung pada harga, dan harga bergantung pada variabel distribusi - hubungan upah-keuntungan - bukan pada jadwal penawaran atau permintaan yang independen. Dengan demikian, Sraffa mendefinisikan kembali ekonomi bukan sebagai seperangkat pasar dalam keseimbangan, tetapi sebagai sistem reproduksi yang didukung oleh generasi dan alokasi surplus.

Ketika kita menerjemahkan wawasan Sraffa ke dalam bahasa rantai pasokan modern, sebuah ranah analitis baru terbuka. Setiap rantai pasokan dapat dilihat sebagai sistem

reproduksi parsial, jaringan perusahaan yang saling bergantung yang kelangsungan hidup kolektifnya bergantung pada transformasi input yang efisien, pemeliharaan koherensi teknis dan finansial, dan distribusi surplus di seluruh simpul. Surplus sistem - apa yang dibayar pembeli akhir dikurangi total biaya sistem - harus cukup untuk mereproduksi rantai secara keseluruhan. Bagaimana surplus itu didistribusikan di antara perusahaan, antara tenaga kerja dan modal, dan antara aktor hulu dan hilir, menentukan tidak hanya profitabilitas tetapi juga ketahanan dan daya saing sistemik.

Kerangka ini membantu kita mengajukan pertanyaan yang luput dari logika Marshall: mengapa dua rantai pasokan yang memproduksi barang akhir yang sama dapat menunjukkan tingkat daya saing biaya dan kelangsungan hidup jangka panjang yang sangat berbeda? Jawabannya terletak bukan pada produktivitas perusahaan yang terisolasi atau efisiensi faktor, tetapi pada dinamika jaringan, alokasi surplus, dan koordinasi kelembagaan dari proses yang saling bergantung. Dari sudut pandang ini, rantai pasokan menjadi unit analisis yang ideal untuk memahami kapitalisme kontemporer. Ia mengintegrasikan teknologi produksi, transformasi energi, hubungan kerja, dan struktur kelembagaan ke dalam satu bidang sistemik. Hal ini memungkinkan kita untuk melampaui baik mikroekonomi neoklasik maupun makroekonomi agregat menuju mesoekonomi reproduksi, di mana hubungan teknis, energi, dan sosial secara bersama-sama menentukan kelangsungan sistem ekonomi.

Dalam kerangka inilah konsepsi khas Tiongkok tentang "rantai industri" dapat dipahami dengan paling bermanfaat. Tidak seperti para pembuat kebijakan Barat, yang sering memperlakukan pasar sebagai keseimbangan yang mengatur diri sendiri, pemikiran ekonomi Tiongkok memperlakukan pasar sebagai instrumen alokatif dalam sistem reproduksi yang terkoordinasi. Tujuannya bukanlah keseimbangan (suatu usaha yang sia-sia di dunia yang selalu berubah di mana ketidakpastian radikal membentuk hubungan kita dengan masa depan) tetapi kelangsungan sistemik - kapasitas rantai industri untuk mempertahankan inovasi, menyerap guncangan, dan mereproduksi basis material pembangunan.

3.2 KRITIK SRAFFA TERHADAP TEORI MARSHALL

Narasi neoklasik dominan tentang produksi dan pembentukan harga berasal dari sintesis Alfred Marshall tentang ekonomi politik klasik dan teori utilitas marjinal. Dalam kerangka ini, kekuatan penawaran dan permintaan secara independen menentukan harga pasar. Kurva penawaran diturunkan dari biaya marjinal perusahaan yang meningkat, yang mencerminkan penurunan hasil faktor produksi, sementara kurva permintaan mewakili utilitas marjinal konsumen. Perpotongan kedua kurva ini mengidentifikasi harga dan kuantitas "keseimbangan", yang merupakan titik keseimbangan di mana sumber daya dialokasikan secara efisien.

Selama lebih dari satu abad, konstruksi ini telah menjadi landasan ekonomi Barat, yang memengaruhi teori mikroekonomi perusahaan dan kebijakan makroekonomi. Namun, konstruksi ini bertumpu pada beberapa asumsi yang bermasalah: bahwa perusahaan bertindak secara independen, bahwa input dapat disesuaikan secara terus-menerus di margin, dan bahwa struktur produksi dapat direpresentasikan sebagai serangkaian hubungan

penawaran-permintaan yang terisolasi. Analisis Piero Sraffa membongkar bangunan ini dengan ketelitian yang luar biasa.

Sraffa memperkenalkan kembali wawasan klasik yang lebih tua: produksi bukanlah transformasi linier alam menjadi barang, tetapi proses reproduksi yang melingkar. Setiap komoditas diproduksi menggunakan komoditas lain sebagai input - besi, batu bara, mesin, transportasi, dan sebagainya - dan, pada gilirannya, merupakan input untuk proses produksi lainnya. Ini berarti bahwa biaya produksi suatu barang tidak dapat ditentukan secara independen; biaya tersebut bergantung pada harga semua barang lain yang digunakan sebagai input. Dalam sistem seperti itu, gagasan tentang kurva penawaran tunggal - yang mewakili struktur biaya perusahaan sebagai fungsi independen dari output - menjadi tidak koheren. Biaya produksi ditentukan secara sistematis. Biaya tersebut saling bergantung, bukan aditif. Ekonomi adalah matriks hubungan teknis daripada kumpulan pasar yang menyesuaikan diri di batasnya.

Sraffa menghidupkan kembali perbedaan klasik antara produksi dan distribusi. Setelah kondisi teknis produksi ditentukan - yaitu, kuantitas setiap input yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap output - harga bergantung pada cara surplus sistem didistribusikan antara pekerja dan kapitalis. Nilai total output melebihi nilai input dengan selisih tertentu - yaitu surplus - yang dapat didistribusikan dalam bentuk upah atau keuntungan. Secara formal, hal ini dapat direpresentasikan sebagai:

$$pA(1+r) + wl = p$$

di mana A adalah matriks koefisien input, l adalah vektor input tenaga kerja langsung, p adalah vektor harga, r adalah tingkat keuntungan, dan w adalah tingkat upah. Dengan matriks teknis A , hubungan upah-keuntungan bersifat terbalik: upah yang lebih tinggi menyiratkan tingkat keuntungan yang lebih rendah dan sebaliknya. Dengan demikian, harga muncul dari hubungan distribusi sosial, bukan dari perpotongan kurva abstrak.

Formulasi ini mengembalikan kepada ekonomi konten material dan sosial yang telah dihilangkan oleh marginalisme. Produksi adalah proses *reproduksi* - baik barang material maupun hubungan sosial - yang didukung oleh alokasi surplus antar kelas. Kritik Sraffa memiliki tiga implikasi mendalam bagi teori Marshallian:

1. Biaya tidak terlepas dari harga. Karena input itu sendiri adalah komoditas, biayanya bergantung pada harga sistem secara keseluruhan. Tidak mungkin ada fungsi penawaran otonom;
2. Distribusi adalah penentu, bukan hasil, dari harga. Tingkat keuntungan dan bagian upah harus ditentukan sebelumnya agar harga dapat ditentukan, bukan sebaliknya; dan
3. Produktivitas marjinal bersifat sirkular. Produk marjinal modal atau tenaga kerja tidak dapat menjelaskan remunerasi mereka sendiri, karena keduanya bergantung pada distribusi surplus secara keseluruhan - yang itu sendiri tidak pasti dalam logika marginalis.

Dengan melarutkan fondasi marginalisme, Sraffa mengembalikan ekonomi ke sistem struktural saling ketergantungan daripada kumpulan pasar independen. Sistem harga, menurut pandangannya, adalah pemetaan hubungan teknis dan sosial produksi, bukan keseimbangan pilihan individu. Kontrasnya mendasar. Keseimbangan Marshall adalah *keseimbangan statis* antara kekuatan abstrak. Sistem Sraffa adalah keseimbangan *dinamis atau cair* dari reproduksi material. Agar suatu ekonomi dapat bertahan, barang-barang yang digunakan dalam produksi harus direproduksi dalam jumlah yang cukup untuk memulai kembali proses tersebut pada periode berikutnya. Kondisi reproduksi ini mendefinisikan kelangsungan sistem.

Oleh karena itu, harga, keuntungan, dan upah bukanlah sinyal alokasi optimal, tetapi parameter yang memastikan reproduksi berkelanjutan dari struktur produksi. Ekonomi yang layak adalah ekonomi yang dapat mereproduksi kondisi fisik dan sosial keberadaannya. Ini adalah konsepsi tatanan ekonomi yang jauh lebih kaya dan realistis daripada keseimbangan Marshallian, karena ia menanamkan produksi dalam hubungan material, temporal, dan distributif.

Formalisme Sraffa dapat dilihat sebagai *model sistem* ekonomi awal yang mendahului teori jaringan modern. Setiap industri atau perusahaan dapat dipahami sebagai simpul dalam jaringan hubungan yang saling bergantung, yang dihubungkan oleh aliran input-output dan oleh distribusi surplus. Harga muncul dari konfigurasi jaringan, bukan dari tindakan penyesuaian diri agen individu. Inilah jembatan konseptual menuju rantai pasokan sebagai kategori analitik. Rantai pasokan, seperti ekonomi Sraffa, adalah struktur saling ketergantungan teknis dan sosial. Ia mereproduksi dirinya sendiri melalui aliran material, energi, dan modal uang yang terkoordinasi. Kinerjanya bergantung pada bagaimana surplus dihasilkan dan dibagikan di seluruh simpulnya. Dengan demikian, kritik Sraffa tidak hanya membongkar teori keseimbangan marginalis tetapi juga mengantisipasi kebutuhan akan analisis tingkat meso dari sistem produksi yang menangkap logika reproduksi, saling ketergantungan, dan distribusi surplus. Pada bagian selanjutnya, wawasan ini ditafsirkan ulang dalam bahasa rantai pasokan modern, menunjukkan bagaimana sistem Sraffa dapat divisualisasikan sebagai jaringan produksi dan pertukaran yang dinamis, bukan sebagai seperangkat persamaan penawaran-pemintaan yang abstrak.

3.3 INTERPRETASI SRAFFA DALAM RANTAI PASOK

Sistem formal Sraffa menggambarkan jaringan hubungan produksi yang saling bergantung di mana komoditas diproduksi "dengan menggunakan komoditas." Setiap industri bergantung pada masukan dari industri lain, dan kelangsungan seluruh perekonomian bergantung pada kapasitasnya untuk bereproduksi sendiri. Pada intinya, ini adalah logika yang sama yang mengatur rantai pasokan: serangkaian transformasi produktif terstruktur yang menghubungkan bahan mentah dengan barang jadi.

Ketika ditafsirkan ulang melalui lensa rantai pasokan, model Sraffa menjadi lebih konkret dan dapat diuji secara empiris. Setiap simpul dalam sistem mewakili perusahaan atau proses produksi; setiap tepi mewakili aliran masukan, keluaran, dan pembayaran. Sistem

tersebut mereproduksi dirinya sendiri dari waktu ke waktu jika setiap simpul dapat memperoleh masukan yang dibutuhkannya, menutupi biayanya, dan menghasilkan surplus yang cukup untuk mempertahankan operasi dan berinvestasi kembali. Pertanyaan tentang keseimbangan dengan demikian digantikan oleh pertanyaan tentang kelangsungan reproduksi, yaitu: dapatkah rantai tersebut mempertahankan dirinya secara material, finansial, dan sosial?

Pertimbangkan rantai pasokan sederhana yang menghasilkan barang jadi Q_F :

- Perusahaan hulu (A) mengekstrak atau memproses bahan baku;
- Perusahaan tengah (B) membuat komponen dan sub-rakitan; dan
- Perusahaan hilir (C) merakit dan mendistribusikan produk akhir.

Setiap tahap bergantung pada hasil dari tahap sebelumnya, dan masing-masing menggunakan tenaga kerja, energi, dan modal untuk mengubah input menjadi output. Persamaan harga Sraffian dapat diinterpretasikan ulang sebagai deskripsi hubungan antar perusahaan ini:

$$\begin{aligned} pA &= wl_A(1 + r_A) \\ pB &= a_{BA}p_A(1 + r_B) + wl_B \\ pC &= a_{CB}p_B(1 + r_C) + wl_C \end{aligned}$$

Di sini, a_{ij} mewakili koefisien input - jumlah barang i yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit j ; r_i mewakili tingkat keuntungan (atau ekstraksi surplus) pada setiap tahap.

Surplus sistemik diberikan oleh selisih antara apa yang dibayar pembeli akhir dan total biaya yang dikeluarkan di seluruh rantai:

$$S = P_F Q_F - \sum_i \left(wl_i Q_i + \sum_j p_j a_{ji} Q_i \right)$$

Surplus ini harus cukup untuk memastikan bahwa setiap perusahaan dalam rantai tersebut dapat mereproduksi dirinya sendiri dan mempertahankan solvabilitas. Dalam istilah Sraffian, ini adalah kondisi material dan keuangan untuk reproduksi sistemik.

Dalam rantai pasokan multi-perusahaan, distribusi surplus sistemik tidak ditentukan oleh "keseimbangan" pasar, tetapi oleh kekuatan relatif - kekuatan tawar-menawar, kendali atas input penting, akses ke pembiayaan, kemampuan teknologi, dan koordinasi strategis. Pada tingkat mikro, pembagian upah-keuntungan di dalam setiap perusahaan menentukan berapa banyak surplusnya sendiri yang diperoleh oleh tenaga kerja dan modal. Pada tingkat meso, hubungan antar perusahaan menentukan bagaimana surplus dibagi di sepanjang rantai. Perusahaan dengan kendali teknologi yang lebih besar atau kekuatan monopoli dapat memperoleh bagian yang tidak proporsional dari nilai tambah, sementara yang lain beroperasi di batas kelayakan. Hasil distribusi keseluruhan tidak hanya bergantung pada tawar-menawar tingkat mikro ini tetapi juga pada kondisi agregat - tingkat keuntungan umum, tingkat upah yang berlaku, dan mekanisme kelembagaan atau politik yang membentuk hubungan antar perusahaan. Dengan demikian, setiap rantai pasokan *merupakan mikrokosmos dari ekonomi*

kapitalis yang lebih besar, mereproduksi di dalam dirinya sendiri pola-pola yang lebih luas dari hubungan modal-tenaga kerja dan hierarki antar sektor.

Kerangka kerja ini memungkinkan kita untuk menjawab pertanyaan yang tidak dapat dijawab oleh pendekatan marginalis dan berbasis TFP: mengapa dua rantai pasokan yang menghasilkan output akhir yang sama menunjukkan tingkat daya saing dan kelangsungan reproduksi yang berbeda? Jawabannya terletak pada konfigurasi internal koefisien teknis dan distribusi surplus:

- Efisiensi teknologi: Rantai yang meminimalkan koefisien input energi dan material (melalui inovasi, integrasi, atau peningkatan proses) menghasilkan surplus potensial yang lebih besar;
- Koherensi keuangan: Rantai dengan struktur modal yang stabil dan akses ke kredit yang terjangkau dapat mempertahankan reproduksi melalui penurunan ekonomi;
- Struktur distribusi: Rantai di mana surplus didistribusikan secara adil di seluruh simpul mempertahankan kelangsungan hulu dan tengah, mencegah kerapuhan; dan
- Koordinasi kelembagaan: Panduan strategis (misalnya, melalui kebijakan negara atau tata kelola platform) dapat memastikan bahwa kelangsungan hidup tingkat sistem diprioritaskan daripada maksimalisasi keuntungan jangka pendek oleh setiap node tunggal.

Dengan demikian, *biaya akhir* bagi pembeli akhir dan *kapasitas reproduksi jangka panjang sistem* merupakan hasil dari dinamika tingkat meso ini. Efisiensi dan daya saing muncul bukan dari optimasi yang terpisah-pisah, tetapi dari koordinasi sistemik.

Model Sraffa, meskipun statis dalam presentasi formalnya, menyiratkan proses reproduksi yang dinamis. Setiap siklus produksi harus mereproduksi input untuk siklus berikutnya. Ketika diterapkan pada rantai pasokan, ini menjadi model aliran sirkular: material, energi, tenaga kerja, dan modal uang beredar melalui sistem, mempertahankan reproduksinya. Kita dapat memvisualisasikan ini sebagai grafik jaringan terarah di mana:

- Node mewakili unit produksi (perusahaan atau sektor);
- Tepi mewakili aliran input-output;
- Bobot mewakili transfer nilai atau koefisien energi; dan
- Lingkaran umpan balik mewakili reinvestasi dan inovasi.

Reproduksi sistemik mensyaratkan bahwa *surplus bersih* yang beredar melalui jaringan cukup untuk menutupi depresiasi, mengganti input, dan mendukung upah dan keuntungan. Dalam pandangan ini, rantai pasokan adalah sistem reproduksi Sraffian yang bergerak - mereka adalah jaringan dinamis yang menyeimbangkan efisiensi teknis, kelayakan finansial, dan keadilan distributif.

Penafsiran ulang ini menempatkan rantai pasokan sebagai lapisan meso yang kritis dalam kehidupan ekonomi. Pada tingkat inilah hubungan teknis produksi bertemu dengan hubungan sosial distribusi. Di sinilah tindakan tingkat mikro berkumpul menjadi hasil tingkat makro. Dan di sinilah intervensi kebijakan dapat secara paling efektif membentuk hasil struktural, dengan memengaruhi aliran surplus dan stabilitas siklus reproduksi.

Di mana ekonomi Marshallian melihat persaingan sebagai prinsip pengorganisasian, perspektif rantai pasokan Sraffian melihat koordinasi dan reproduksi sebagai hal yang sentral. Pasar adalah alat atau teknik dalam konteks ini. Kesehatan sistem tidak bergantung pada perusahaan individu yang memaksimalkan pengembalian marjinal, tetapi pada pembaruan berkelanjutan dari kapasitas yang saling bergantung. Dengan demikian, rekonseptualisasi ini menyediakan jembatan antara ekonomi politik klasik dan teori sistem industri modern. Ia menggantikan metafora keseimbangan dengan metafora reproduksi sistemik, menyoroti pentingnya saling ketergantungan teknis, distribusi surplus, dan koherensi kelembagaan sebagai fondasi nyata dari kelangsungan ekonomi.

3.4 MELAMPAUI TFP – KELAYAKAN JARINGAN DAN SURPLUS

Dalam ekonomi arus utama, kinerja suatu ekonomi atau industri sering diringkas oleh satu residu tunggal: Produktivitas Faktor Total (TFP). Ukuran ini bertujuan untuk menangkap efisiensi di mana tenaga kerja dan modal digabungkan untuk menghasilkan output, setelah memperhitungkan kuantitas terukurnya. Dalam praktiknya, TFP adalah istilah residu - bagian dari pertumbuhan output yang tidak dijelaskan oleh perubahan input tenaga kerja dan modal. Ini sering diinterpretasikan sebagai proksi untuk "kemajuan teknologi."

Namun dari perspektif Sraffian dan rantai pasokan, TFP tidak hanya cacat secara konseptual tetapi juga menyesatkan. Ini mengaburkan saling ketergantungan produksi, menghapus dinamika struktural dan distributif yang membentuk produktivitas aktual, dan mengaitkan hasil sistemik dengan "efisiensi residu" yang tidak dijelaskan. Gagasan TFP dengan demikian merupakan gejala imajinasi marginalis, yang mengasumsikan fungsi produksi independen dan mengabstraksikan proses material, kelembagaan, dan energi yang mendasari ekonomi riil.

Terdapat tiga kekurangan utama pada konsep TFP jika dilihat melalui lensa rantai pasokan Sraffian. Pertama, TFP memperlakukan produksi sebagai agregasi kontribusi faktor independen. Tenaga kerja dan modal dipahami sebagai input terpisah yang produk marjinalnya menentukan remunerasi mereka. Namun dalam sistem produksi riil apa pun - dan terutama dalam rantai pasokan modern - produktivitas satu faktor bergantung pada konfigurasi seluruh jaringan. Produktivitas pekerja bergantung pada mesin, kualitas input, logistik, dan koordinasi antar perusahaan. Demikian pula, produktivitas modal bergantung pada keandalan pasokan dan stabilitas permintaan.

Dengan mengabaikan saling ketergantungan ini, TFP mengaitkan apa yang sebenarnya merupakan *sifat sistemik* jaringan dengan *parameter efisiensi individual*. Kedua, TFP tidak peduli dengan distribusi surplus. Dua rantai pasokan mungkin memiliki hubungan input-output yang identik dan TFP terukur yang identik, namun menghasilkan hasil pembangunan yang sangat berbeda tergantung pada bagaimana surplus didistribusikan antara upah dan keuntungan, atau antara perusahaan hulu dan hilir. Jika surplus tersebut dikuasai oleh sejumlah kecil node hilir yang dominan, reproduksi hulu dapat terhambat meskipun "produktivitas" agregat tampak tinggi. Ketiga, TFP mengabaikan basis energi dan material dari produksi. Ini adalah konstruksi moneter murni yang mengukur output dalam hal nilai, bukan

dalam efisiensi fisik atau energi. Dengan demikian, ia buta terhadap realitas termodinamika yang membatasi pertumbuhan jangka panjang: pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI), throughput material, dan entropi. Sebaliknya, ukuran produktivitas yang benar-benar sistemik harus mengakui bahwa produksi adalah proses transformasi energi; yaitu, pemanfaatan dan konfigurasi ulang energi dan materi menjadi bentuk yang dapat digunakan.

Pada tingkat yang paling mendasar, produksi adalah transformasi energi. Setiap tindakan produksi - penambangan, peleburan, permesinan, perakitan, dan bahkan pengangkutan - mengkonsumsi energi dan input material untuk menghasilkan barang dan jasa. Kelayakan sistem bergantung pada pencapaian surplus energi: energi yang dilepaskan atau disediakan oleh sistem harus melebihi energi yang dikonsumsi dalam mempertahankannya. Kita dapat menganggap ini sebagai versi termodinamika dari surplus Sraffa. Jika kita menyatakan total keluaran energi bermanfaat sebagai E_o dan total masukan energi sebagai E_i , maka *tingkat pengembalian energi (ERoR)* atau EROEI adalah:

$$ERoR = \frac{E_o}{E_i}$$

Agar suatu sistem dapat mereproduksi dirinya sendiri, $ERoR > 1$; agar dapat berkembang dan berinovasi, surplus $E_o - E_i$ harus cukup besar untuk menopang reinvestasi, pemeliharaan, dan konsumsi sosial.

Surplus fisik ini berinteraksi dengan surplus sosial - selisih moneter antara nilai output dan biaya input. Distribusi surplus ini (antara upah, keuntungan, dan reinvestasi) menentukan apakah potensi energi sistem diterjemahkan menjadi kapasitas produktif yang berkelanjutan atau terbuang melalui konsumsi yang tidak produktif dan pengambilan rente. Dalam pengertian ini, produksi adalah proses energi dan politik. Sisi teknis menentukan seberapa efisien energi diubah menjadi nilai guna; sisi sosial menentukan bagaimana surplus yang dihasilkan didistribusikan dan apakah sistem dapat mereproduksi dirinya sendiri dalam siklus mendatang.

Jika TFP gagal menangkap dinamika produksi yang sebenarnya, apa yang harus menggantikannya? Metrik yang lebih bermakna adalah viabilitas jaringan - kapasitas sistem produksi, atau rantai pasokan, untuk mereproduksi dirinya sendiri dari waktu ke waktu dalam kondisi persaingan, inovasi, dan keterbatasan sumber daya. Keberlangsungan jaringan bergantung pada empat dimensi yang saling terkait:

1. Keberlangsungan Energi - Rantai harus menghasilkan surplus energi positif; proses harus menghasilkan lebih banyak energi yang dapat digunakan (secara langsung atau tidak langsung) daripada yang dikonsumsi;
2. Keberlangsungan Keuangan - Distribusi keuntungan dan upah harus mempertahankan solvabilitas semua simpul kritis; tidak ada tautan penting yang boleh didorong di bawah ambang batas reproduksinya;

3. Keberlangsungan Teknis - Konfigurasi koefisien produksi harus dapat beradaptasi secara dinamis, memungkinkan peningkatan proses dan inovasi teknologi tanpa mengganggu stabilitas sistem; dan
4. Keberlangsungan Sosial - Distribusi surplus harus mempertahankan legitimasi dan motivasi; tenaga kerja harus diberi imbalan yang memadai dan perusahaan harus merasakan harapan pengembalian yang stabil.

Dimensi-dimensi ini secara bersama-sama mendefinisikan kapasitas suatu sistem untuk bertahan, tidak hanya untuk memproduksi secara efisien dalam periode tertentu, tetapi juga untuk mereproduksi dirinya sendiri dari waktu ke waktu dan menghadapi guncangan. Dalam pengertian ini, keberlangsungan *jaringan adalah konsep produktivitas sistemik*. Ini mengukur kemampuan sistem produksi untuk mempertahankan fondasi material, keuangan, dan sosialnya, bukan efisiensi sesaatnya.

Mengkaji ulang produktivitas sebagai keberlanjutan jaringan memiliki implikasi yang mendalam. Pertama, hal ini menggeser fokus analitis dari *efisiensi individu ke koherensi sistemik*. Alih-alih bertanya bagaimana membuat setiap perusahaan lebih "produktif," pertanyaan yang relevan menjadi bagaimana memastikan bahwa hubungan antar perusahaan, peningkatan teknologi, dan distribusi surplus mempertahankan keberlanjutan sistem secara keseluruhan. Kedua, hal ini membuka pintu bagi *akuntansi energi* dalam analisis ekonomi, yaitu integrasi prinsip-prinsip termodinamika ke dalam penilaian kinerja industri dan nasional. Ini sejalan dengan upaya terbaru dalam ekonomi ekologi untuk menafsirkan kembali pertumbuhan dan akumulasi dalam hal aliran energi dan entropi. Ketiga, hal ini menggarisbawahi pentingnya koordinasi kebijakan. Pasar saja tidak dapat menjamin keberlanjutan jaringan, karena sinyal harga tidak dapat menginternalisasi ketergantungan sistemik atau memastikan distribusi surplus yang adil. Investasi terkoordinasi, dukungan hulu, dan difusi teknologi menjadi sangat penting.

Yang muncul dari pemikiran ulang ini adalah pergeseran paradigma. Produktivitas bukan lagi properti dari faktor atau perusahaan yang terisolasi; itu adalah properti yang muncul dari proses reproduksi jaringan. Kapasitas ekonomi untuk pertumbuhan dan inovasi terletak pada kemampuannya untuk mempertahankan aliran sirkular material, energi, dan nilai yang mendasari produksi. Konsepsi ini selaras dengan logika Sraffa dan pemahaman Tiongkok tentang "rantai industri" sebagai sistem reproduksi yang terintegrasi. Dalam sistem seperti itu, keberhasilan tidak diukur dari produktivitas marjinal tetapi dari keberlanjutan dan ketahanan rantai secara keseluruhan - yaitu, kemampuannya untuk menghasilkan dan mengalokasikan surplus dengan cara yang konsisten dengan reproduksi berkelanjutan.

3.5 LANDASAN ENERGI DAN SOSIAL PRODUKSI

Pada tingkat yang paling mendasar, produksi adalah pengorganisasian energi dan materi oleh tenaga kerja manusia dan teknologi untuk mereproduksi masyarakat dan basis materialnya. Setiap sistem produktif dapat dilihat sebagai sistem termodinamika terbuka, yang mengambil energi dan masukan material dari lingkungannya dan melepaskan limbah dan entropi kembali ke dalamnya. Pertumbuhan ekonomi - atau lebih tepatnya, reproduksi dan

ekspansi ekonomi - oleh karena itu bukan hanya soal meningkatkan output dalam hal nilai, tetapi juga mengelola aliran dan transformasi energi dengan cara yang mempertahankan keteraturan (negentropi) dalam sistem.

Wawasan Sraffa tentang sirkularitas produksi - komoditas yang diproduksi melalui komoditas - secara alami sesuai dengan ontologi energi ini. Setiap siklus produksi mengubah energi dan masukan material menjadi output yang dikonsumsi dan diinvestasikan kembali dalam produksi masa depan. Sistem tersebut, minimal, harus menghasilkan surplus yang cukup untuk mereproduksi kondisi teknis dan sosial dari operasinya sendiri. Dalam hal energi, ini berarti mempertahankan pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) di atas satu; Dalam konteks sosial, ini berarti memastikan bahwa distribusi surplus mendukung motivasi kerja yang berkelanjutan dan keputusan reinvestasi modal.

Setiap proses produktif meningkatkan entropi dalam pengertian fisik: ia mengubah sumber energi berentropi rendah (seperti bahan bakar fosil, radiasi matahari, atau material terkonsentrasi) menjadi bentuk berentropi lebih tinggi seperti panas limbah dan residu yang tersebar. Oleh karena itu, kehidupan ekonomi adalah pembalikan entropi lokal, yang dicapai dengan mengatur aliran energi melalui teknologi dan koordinasi sosial. *Negentropi* yang dihasilkan dengan cara ini - tatanan lokal yang dipertahankan melalui struktur, pengetahuan, dan kerja sama - adalah ukuran sebenarnya dari vitalitas sistemik. Dalam konteks ini, *penciptaan nilai tidak dapat dipisahkan dari transformasi energi*. Sistem harga, upah, dan keuntungan adalah klaim atas sumber daya energi dan material (yaitu, Energi Tersedia dalam Potensi) yang dapat memobilisasi sumber daya ini untuk tujuan produktif dan bahkan non-produktif. "Surplus" yang didefinisikan Sraffa dalam hal kuantitas fisik barang sesuai dengan surplus termodinamika yang lebih dalam, yaitu selisih antara energi yang terkandung dalam output sistem dan energi yang dikeluarkan untuk mempertahankan strukturnya. Pandangan termodinamika ini juga mengungkapkan batasan ukuran produktivitas yang murni moneter atau finansial. Ekspansi keuangan dapat untuk sementara mempertahankan ilusi surplus - seperti pada periode inflasi aset atau pertumbuhan yang didorong oleh kredit - tetapi jika basis energi yang mendasarinya melemah (misalnya, melalui penipisan sumber daya atau kenaikan biaya energi), *kelangsungan hidup reproduksi* sistem menurun. Ekspansi nilai yang tampak menjadi redistribusi klaim atas basis energi yang menyusut.

Surplus yang dihasilkan oleh sistem produktif tidak pernah hanya "diberikan"; itu adalah hasil dari pengaturan politik dan kelembagaan yang mengatur distribusi antara tenaga kerja dan modal, dan di seluruh sektor dan perusahaan. Sraffa menunjukkan bahwa begitu koefisien teknis produksi diketahui, harga relatif sistem ditentukan oleh hubungan upah-keuntungan: distribusi surplus antara dua kelas pendapatan utama. Namun dalam konteks rantai pasokan modern, surplus juga harus didistribusikan secara horizontal, di seluruh perusahaan penyusun rantai tersebut. Pemasok hulu, pengolah perantara, penyedia logistik, dan perakitan akhir semuanya merupakan bagian dari sistem reproduksi. Jika perusahaan hilir yang dominan menguasai sebagian besar nilai, reproduksi hulu dapat menjadi tidak berkelanjutan — sebuah dinamika yang terlihat di banyak rantai nilai global di mana pemasok

terjebak dalam posisi margin rendah dan risiko tinggi. Dengan demikian, distribusi surplus memiliki dimensi vertikal dan horizontal:

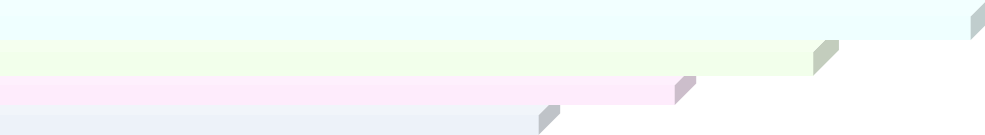
- *Secara vertikal*, hal ini mengekspresikan kompromi sosial antara tenaga kerja dan modal; dan
- *Secara horizontal*, hal ini mengekspresikan kekuatan relatif perusahaan dan sektor dalam jaringan tersebut.

Kedua dimensi ini berpotongan untuk menentukan kelangsungan hidup sistem secara keseluruhan. Distribusi vertikal yang adil secara sosial masih dapat hidup berdampingan dengan konfigurasi horizontal yang tidak stabil, dan sebaliknya. Kapasitas rantai pasokan untuk mempertahankan keduanya bergantung pada kerangka kerja kelembagaan - sistem tawar-menawar upah, kebijakan industri, struktur koperasi, dan pengaturan keuangan - yang mengatur alokasi surplus.

Perbedaan Marxis antara *nilai guna* dan *nilai tukar* kini dapat dibingkai ulang dalam istilah energi. *Nilai guna* adalah konfigurasi material dan energi yang memenuhi kebutuhan manusia atau berfungsi sebagai masukan untuk produksi lebih lanjut; *nilai tukar* mewakili klaim masa depan atas surplus sosial yang terkandung dalam konfigurasi tersebut. Dari sudut pandang ini, nilai muncul di mana energi dan organisasi berpotongan. Tindakan produksi adalah konversi energi menjadi bentuk terstruktur; tindakan penilaian mencerminkan pengakuan sosial atas transformasi tersebut dalam suatu pengaturan kelembagaan tertentu. Uang, pada gilirannya, berfungsi sebagai *klaim umum* atas transformasi energi di masa depan - sebuah tautan simbolis antara surplus saat ini dan reproduksi di masa depan.

Suatu sistem tetap layak selama klaim simbolis (moneter) berlandaskan pada kapasitas material untuk menghasilkan surplus energi. Ketika klaim keuangan melampaui kemungkinan energi - seperti dalam ledakan spekulatif atau ekspansi yang didorong oleh utang - hasilnya adalah krisis reproduksi, yang seringkali bermanifestasi sebagai inflasi, deflasi utang, atau kerusakan sosial. Dengan demikian, dasar energi produksi bukan hanya kendala fisik tetapi juga penentu koherensi sosial. Masyarakat yang menyelaraskan struktur keuangan dan distribusinya dengan realitas energinya akan mempertahankan reproduksi yang stabil; sedangkan masyarakat yang memisahkan keduanya akan menghasilkan ketidakstabilan dan entropi. Dalam pengertian inilah pendekatan pembangunan Tiongkok dapat dilihat sebagai koheren secara termodinamika dan sistemik. Konsep Tiongkok tentang "rantai industri" memperlakukan ekonomi sebagai jaringan terintegrasi dari sektor-sektor yang saling bergantung, yang masing-masing berkontribusi pada transformasi energi dan material menjadi struktur tingkat yang lebih tinggi seperti infrastruktur, teknologi, dan kemampuan manusia.

Perusahaan milik negara mendominasi sektor hulu seperti energi, pertambangan, dan industri berat justru karena sektor-sektor ini merupakan fondasi energi dari sistem tersebut. Mereka menjadi jangkar basis material yang menjadi tumpuan inovasi dan konsumsi hilir. Peran koordinasi negara memastikan bahwa surplus energi yang dihasilkan di hulu tidak dihamburkan melalui ekstraksi rente atau kebocoran spekulatif, tetapi diinvestasikan kembali ke dalam peningkatan teknologi, infrastruktur, dan pembangunan sosial. Sebaliknya, kerangka kebijakan Barat - yang dibentuk oleh fiksasi Marshallian pada efisiensi alokatif -



memperlakukan energi dan material sebagai input semata yang akan diberi harga oleh pasar, bukan sebagai kondisi struktural reproduksi. Hasilnya adalah kurangnya investasi kronis dalam kemampuan hulu, ketergantungan pasokan global yang rapuh, dan ketidakmampuan untuk mempertahankan ekosistem industri yang koheren.

Dalam kontras ini terletak perbedaan filosofis yang lebih dalam: tata kelola ekonomi Tiongkok memperlakukan pasar sebagai alat alokatif dalam sistem reproduksi, bukan sebagai mekanisme penyeimbang otonom. Tujuannya adalah untuk mempertahankan *negentropi sistemik* - yaitu, aliran material, energi, dan nilai guna yang teratur melalui jaringan industri - daripada mengejar efisiensi harga sesaat.

Landasan energi dan sosial produksi pada akhirnya bertemu dalam pertanyaan tentang keberlanjutan pembangunan. Sistem yang layak harus terus meregenerasi energi material dan moralnya - kapasitas fisiknya untuk memproduksi dan kapasitas sosialnya untuk bekerja sama. Tenaga kerja, sebagai saluran hidup transformasi energi, harus direproduksi secara sosial melalui upah, pendidikan, dan mata pencaharian yang stabil. Modal, sebagai klaim yang dilembagakan atas surplus masa depan, harus didisiplinkan oleh mekanisme yang mengaitkan harapan keuntungan dengan potensi produktif yang sebenarnya. Dan negara, sebagai koordinator utama sistem, harus memastikan bahwa aliran energi, material, dan nilai tetap konsisten dengan keseimbangan reproduksi jangka panjang.

Sintesis realisme energi dan koordinasi sosial ini mengarah pada konsepsi produktivitas baru, yaitu konsepsi yang bukan tentang memaksimalkan output per unit input, tetapi tentang mempertahankan negentropi baik dalam domain material maupun sosial.

BAB 4

KETERATURAN SISTEM GELOMBANG PANJANG

4.1 PENDAHULUAN

Bab ini memperluas kerangka kerja SEV dengan mengintegrasikan dimensi energi, informasi, dan keuangan ke dalam model transformasi sistemik gelombang panjang yang koheren. Berdasarkan konsepsi termodinamika tentang nilai dan sirkulasi, model SEV–Leontief mengembangkan teori dinamis tentang sistem akumulasi modal sebagai kompleks energi–informasi–keuangan yang berevolusi. Kerangka kerja ini mensintesis wawasan makro-historis Kondratiev dan Schumpeter dengan formalisme antar-sektor Leontief, realisme fisik Georgescu-Roegen, dan materialisme analitis jaringan produksi Sraffa. Dalam formulasi ini, reproduksi sistemik muncul sebagai konfigurasi negentropik yang didukung oleh aliran energi dan informasi yang layak, sementara entropi bermanifestasi melalui penipisan, kebisingan informasi, dan hipertrofi keuangan. Bab ini menunjukkan bahwa transformasi gelombang panjang sesuai dengan konfigurasi ulang sistemik energi, informasi, dan keuangan, yang koherensi relatifnya menentukan kelayakan evolusi ekonomi yang berkelanjutan.

Kerangka SEV berupaya menafsirkan kembali nilai sebagai properti termodinamika dan informasional dari sirkulasi yang layak. Nilai, dalam pandangan ini, tidak terletak pada komoditas, harga, atau preferensi, tetapi pada kapasitas sistem untuk mempertahankan aliran yang lancar dan koheren - yaitu, untuk mereproduksi dirinya sendiri secara material dan informasional dari waktu ke waktu. Energi, dalam pengertian ini, adalah nilai dalam gerakan. Kelayakan sirkulasi tersebut bergantung pada pemeliharaan surplus energi dan informasional yang positif, yang diukur bukan dalam istilah keseimbangan tetapi sebagai kemampuan sistem untuk memperbarui dirinya sendiri dalam menghadapi entropi.

Dalam formulasi ini, dialektika antara entropi dan negentropi adalah hal yang sentral. Entropi mewakili gesekan, disipasi, dan kekacauan yang secara alami muncul dalam setiap sistem transformasi dan aliran energi. Negentropi mewakili proses penyeimbang di mana sistem dan subsistem mengatur ulang, beradaptasi, dan memulihkan koherensi yang layak. Namun, tidak seperti interpretasi mekanistik termodinamika, kerangka SEV tidak mengasumsikan bahwa negentropi pasti menang atas entropi melalui kemajuan teknologi atau keseimbangan yang mengoreksi diri sendiri. Sebaliknya, dialektika tersebut tidak pasti dan bergantung pada konteks: keberhasilan dalam memperbarui kelangsungan sistemik - kemampuan sistem untuk mereproduksi dirinya sendiri dan menangkal entropi melalui pelepasan dan pemanfaatan energi potensial yang tersedia - bergantung pada kualitas informasi, kapasitas adaptif lembaga, dan konfigurasi kekuatan sosial dan finansial.

Pendekatan SEV menawarkan sintesis dinamis: ia menghubungkan realisme termodinamika, teori informasi, dan ekonomi politik institusional ke dalam satu bahasa konseptual. Pendekatan ini menjelaskan bagaimana sistem mempertahankan koherensi aliran di bawah kondisi energi dan informasi yang berubah, bagaimana aliran ini mengatur produksi dan pertukaran, dan bagaimana ketidaksesuaian antara kecepatan simbolik dan material -

terutama dalam rezim yang terfinansialisasi - menghasilkan kerapuhan dan krisis sistemik. Dengan demikian, SEV bertujuan untuk menjembatani pemikiran makroekonomi dan ekologi, serta menciptakan hubungan antara studi produksi dan analisis sirkulasi. Pendekatan ini tidak menggantikan teori nilai tradisional tetapi menggabungkannya dalam pemahaman yang lebih luas tentang kelangsungan sistemik: bagaimana energi, informasi, dan keuangan bersama-sama menghasilkan kondisi di mana nilai guna dapat dihasilkan, dipertukarkan, dan direproduksi.

Kerangka SEV bermula sebagai upaya untuk merumuskan kembali ekonomi politik berdasarkan landasan termodinamika. Kerangka ini dimulai dengan pengamatan sederhana: bahwa nilai, dalam pengertian paling mendasar, adalah ekspresi dari kapasitas suatu sistem untuk mempertahankan dan mereproduksi perluasan stabil penciptaan nilai guna, suatu aktivitas pemanfaatan dan transformasi energi, melawan tarikan disipatif entropi. Sirkulasi - pergerakan barang, uang, energi, dan informasi - merupakan proses di mana tatanan ini dipertahankan, diorganisasi ulang, dan secara berkala, hilang.

Artikulasi pertama SEV mengajukan teori termodinamika tentang nilai dan sirkulasi, menempatkan semua aktivitas ekonomi dalam interaksi dialektis antara entropi (kecenderungan alami menuju kekacauan) dan negentropi (kompleksitas terorganisir yang menopang kelangsungan sistemik). Dalam formulasi tersebut, kapasitas suatu sistem sosio-ekonomi untuk memobilisasi dan mengedarkan energi, materi, dan informasi dengan cara yang mempertahankan atau menopang tatanan dan memungkinkan reproduksi adalah properti sistem yang muncul dan bukan merupakan sesuatu yang tetap. Bab ini mengembangkan landasan tersebut dengan memperluas SEV secara lebih eksplisit menjadi model dinamika sistemik yang mengintegrasikan tiga dimensi penting:

1. Struktur energi – kualitas dan ketersediaan sumber daya energi, yang diukur melalui konsep pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) baik dalam produksi maupun penggunaan;
2. Metabolisme informasi – generasi, pemeliharaan, dan degradasi informasi, yang membedakan antara informasi yang layak (negentropik) dan kebisingan (informasi yang tidak layak secara energetik); dan
3. Mediasi keuangan – perluasan klaim nilai tukar melalui instrumen keuangan yang mencerminkan dan mendistorsi realitas energi-informasi yang mendasarinya.

Ekstensi ini menempatkan SEV dalam garis keturunan teori gelombang panjang transformasi ekonomi. Dari wawasan Kondratiev di awal abad ke-20 tentang perkembangan siklus, melalui fokus Schumpeter pada inovasi dan penghancuran kreatif, hingga kritik termodinamika Georgescu-Roegen terhadap pertumbuhan, sifat osilasi sistem berbasis akumulasi modal mengundang pengembangan kerangka sistemik tunggal. Sintesis SEV–Leontief yang diusulkan di sini adalah upaya integrasi tersebut.

Dengan menempatkan ekonomi dalam lingkungan fisik dan informasionalnya, makalah ini memperlakukan gelombang panjang bukan sebagai pola inovasi eksogen, tetapi sebagai siklus termodinamika endogen. Siklus ini muncul dari ko-evolusi rezim energi, kapasitas informasi, dan struktur keuangan. Transformasi sistemik terjadi ketika konfigurasi energi-

informasi yang berlaku tidak lagi dapat menopang beban negentropiknya. Atau, dengan kata lain, ketika biaya energi untuk mempertahankan ketertiban melebihi keuntungan yang diperoleh darinya. Keuangan, dalam konteks ini, berfungsi sebagai media perpindahan temporal: ia memproyeksikan klaim atas negentropi masa depan ke masa kini, memungkinkan investasi, spekulasi, dan, pada akhirnya, perluasan sistemik yang berlebihan. Teknologi informasi, pada gilirannya, bertindak sebagai mediator koherensi sistemik, sehingga meningkatkan koordinasi dan produktivitas ketika memungkinkan, tetapi menghasilkan entropi ketika biaya energinya melebihi nilai informasinya.

Bab ini pertama-tama diuraikan dengan meninjau kembali konsepsi termodinamika tentang nilai sebelum merumuskan kembali fungsi produksi Kondratiev dalam istilah SEV. Kemudian saya mengintegrasikan struktur saling ketergantungan Leontief dan memperkenalkan dinamika informasi dan keuangan. Kemudian, hal-hal tersebut disintesis menjadi sistem SEV–Leontief–Keuangan formal. Terakhir, bab ini mengkaji osilasi sistemik, implikasi kebijakan, dan cakupan teoretis dari paradigma yang sedang berkembang ini. Hasilnya adalah teori transformasi umum: penjelasan sistemik tentang bagaimana perekonomian, sebagai sistem negentropik terorganisir, secara berkala memperbarui diri dengan menemukan surplus energi baru, bentuk informasi baru, dan instrumen keuangan baru di mana setiap gelombang merupakan upaya untuk menangkal entropi melalui reorganisasi nilai tukar sistemik.

4.2 TEORI NILAI TERMODINAMIKA DITINJAU KEMBALI

Kerangka SEV dimulai dari pengakuan bahwa semua proses ekonomi, pada dasarnya, adalah transformasi termodinamika. Produksi, konsumsi, dan sirkulasi bukanlah tindakan sosial otonom, tetapi aliran energi dan materi yang terorganisir dan terkoordinasi melalui informasi. Yang membedakan sistem yang layak dari sistem yang sedang menurun adalah kemampuannya untuk secara efisien mengubah energi yang tersedia menjadi struktur yang teratur - untuk terus mengimbangi kecenderungan entropi menuju ketidakteraturan melalui penciptaan negentropi.

1. Landasan Termodinamika

Semua sistem, termasuk ekonomi, beroperasi dalam batasan termodinamika. Energi diperlukan untuk menciptakan dan mempertahankan struktur, sementara entropi mengukur kecenderungan menuju ketidakteraturan saat energi hilang. Hukum Kedua Termodinamika menyatakan bahwa sistem tertutup akan mengalami degradasi seiring waktu, tetapi sistem hidup dan sosial adalah sistem terbuka yang dapat mengimpor energi dan informasi dari lingkungannya untuk mengimbangi degradasi ini.

Dalam istilah ekonomi, kondisi penting untuk kelayakan adalah mempertahankan pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) lebih besar dari satu. Selama energi yang tersedia dari aktivitas produktif melebihi energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan aktivitas tersebut, sistem dapat mereproduksi dirinya sendiri. Ketika EROEI menurun - seperti halnya dengan menipisnya bahan bakar fosil berdaya hasil tinggi atau meningkatnya biaya energi infrastruktur baru - margin adaptasi sistem menyempit. Kapasitas

untuk mengatur ulang bergantung pada akses ke sumber negentropi baru, baik melalui inovasi teknologi, konfigurasi ulang kelembagaan, atau penemuan gradien energi baru.

2. Informasi Sebagai Energi Struktural

Informasi memainkan peran ganda. Ia merupakan representasi struktur dan proses energi itu sendiri. Setiap tindakan koordinasi, komunikasi, dan pengambilan keputusan mengkonsumsi energi, dan kelayakan informasi bergantung pada apakah biaya energinya kurang dari efek negentropi yang dihasilkannya. Informasi yang layak meningkatkan koherensi sistemik - menyelaraskan aliran, mengurangi gesekan, dan meningkatkan prediktabilitas - sementara informasi yang tidak layak (kesalahan, kebisingan, dan redundansi) meningkatkan entropi.

Oleh karena itu, kerangka kerja SEV memperlakukan informasi sebagai energi struktural: sumber daya yang kualitas dan efisiensinya menentukan kemampuan sistem untuk mempertahankan aliran yang berkelanjutan. Informasi yang tidak memadai atau berlebihan sama-sama merusak koherensi, menghasilkan ketidaktahuan atau kelebihan beban. Dengan demikian, metabolisme informasi suatu sistem itu sendiri harus layak secara energetik - mampu memproses sinyal dan umpan balik dengan biaya yang lebih rendah daripada manfaat negentropik dari koordinasi.

3. Dari Nilai Energetik ke Nilai Sistemik

Dalam teori produksi tradisional, kuantitas output adalah ukuran kinerja. Dalam istilah SEV, yang penting bukanlah sekadar kuantitas tetapi kelayakan energetik - kemampuan sistem untuk menghasilkan dan mereproduksi surplus energi yang cukup untuk mempertahankan sirkulasi yang lancar. Kuantitas penting, tetapi hanya dalam batas yang ditetapkan oleh kapasitas energetik dan informasional.

Sistem yang memaksimalkan output dengan mengorbankan penipisan basis energinya atau kejenuhan kapasitas informasionalnya tidak meningkatkan nilai tetapi mengikisnya. Sebaliknya, sistem yang menstabilkan atau bahkan mengurangi output sambil meningkatkan efisiensi dan kelayakan alirannya mungkin meningkatkan nilai sistemiknya yang sebenarnya. Dalam pengertian ini, SEV membingkai ulang ekonomi sebagai sistem aliran yang hidup yang tujuannya bukanlah akumulasi untuk dirinya sendiri, tetapi pemeliharaan dan reproduksi sirkulasi yang layak di bawah kendala energi dan informasi yang selalu berubah.

4. Nilai sebagai Negentropi Sistemik

Dalam pandangan ini, nilai bukanlah preferensi subjektif atau konvensi sosial semata, tetapi ukuran yang muncul dari (ketidak)tertiban sistemik; yaitu, kapasitas suatu sistem untuk mempertahankan dirinya dari waktu ke waktu dengan memobilisasi energi dan informasi secara efektif. Oleh karena itu, nilai guna mewakili bentuk negentropi sirkulasi dalam potensi: ekspresi material dari kemampuan sistem untuk mempertahankan ketertiban yang layak asalkan sumber daya energi dan material nyata yang dimobilisasi oleh nilai tukar bersifat negentropik bersih.

Pembingkai ulang ini menyelaraskan ekonomi dengan fisika tanpa menggabungkan satu dengan yang lain. Perspektif SEV tidak mereduksi nilai menjadi energi itu sendiri, tetapi menempatkannya dalam kondisi reproduksi energi-informasi. Dalam sistem yang jauh dari

keseimbangan, nilai muncul sebagai abstraksi dari proses-proses yang berhasil menciptakan ketertiban lebih cepat daripada akumulasi kekacauan. Dalam pengertian ini, uang adalah bentuk linguistik yang digunakan untuk mengekspresikan dan mendistribusikan negentropi sistemik secara potensial, memungkinkan—jika berfungsi secara efektif—koordinasi di seluruh domain energi dan informasi yang terfragmentasi. Namun, hal ini menghadapi realitas ketidakpastian, di mana dinamika entropi dan negentropi berperan.

5. Entropi Dan Kondisi Reproduksi

Entropi, dalam istilah termodinamika, adalah ukuran ketidakteraturan atau penyebaran. Dalam konteks sistemik, entropi bermanifestasi sebagai degradasi: penipisan sumber daya, penurunan kualitas energi, disorganisasi, atau kelebihan informasi. Setiap tindakan produksi, betapapun efisiennya, meningkatkan entropi secara global meskipun untuk sementara dapat menciptakan keteraturan lokal.

Kelangsungan hidup suatu sistem sosial-ekonomi bergantung pada apakah sistem tersebut dapat mempertahankan asimetri energi dan informasi yang diperlukan untuk mengimbangi pergeseran universal ini. Sistem mereproduksi diri mereka sendiri dengan mempertahankan aliran energi dan materi yang menjauhkan mereka dari keseimbangan melalui proses metabolisme yang menghasilkan negentropi lokal. Ekonomi, sebagai subsistem terorganisir dari biosfer, oleh karena itu merupakan mekanisme untuk mempertahankan gradien negentropik ini. Tatanan internalnya bergantung pada aliran energi yang dapat digunakan secara terus-menerus dari lingkungan yang lebih luas.

Dalam bahasa SEV, kita dapat menggambarkan sirkulasi nilai sebagai sirkulasi termodinamika negentropi: energi dan informasi mengalir melalui saluran material, institusional, dan simbolik untuk mempertahankan kapasitas sistem untuk aktivitas yang teratur.

6. EROEI Dan Batas Transformasi

Kapasitas ekonomi apa pun untuk mempertahankan ketertiban sangat bergantung pada kualitas sumber energinya, yang dinyatakan dalam hal EROEI. EROEI yang meningkat memungkinkan ekspansi sistemik: lebih banyak energi yang dapat digunakan tersedia untuk biaya energi tertentu, memungkinkan munculnya lapisan kompleksitas dan koordinasi baru. Sebaliknya, EROEI yang menurun menekan basis energi ketertiban, memaksa sistem untuk menyederhanakan, mengotomatisasi, atau runtuh.

Yang penting, dua ukuran EROEI yang berbeda membentuk kelangsungan hidup sistemik:

- $EROEI_p$: pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan dalam produksi; dan
- $EROEI_u$: pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan dalam penggunaan, yaitu efisiensi di mana masukan energi diubah menjadi fungsi atau keluaran yang diinginkan.

Ketika produksi dan penggunaan menjadi lebih hemat energi, energi surplus—yaitu, energi yang tidak dibutuhkan hanya untuk mereproduksi proses yang dimaksud—dilepaskan untuk reorganisasi dan inovasi. Surplus ini merupakan fondasi fisik dari apa yang dalam bahasa ekonomi tampak sebagai keuntungan atau pertumbuhan. Sebaliknya, ketika biaya energi untuk mempertahankan tatanan yang ada meningkat lebih cepat daripada peningkatan efisiensi,

entropi sistemik meningkat. Dalam pengertian ini, krisis ekonomi adalah krisis energi yang terselubung: gejala penurunan EROEI sistemik dan habisnya konfigurasi negentropik yang pernah menopang pertumbuhan.

7. Informasi, Koordinasi, Dan Keteraturan Sistemik

Energi saja tidak menciptakan keteraturan; *sebaliknya*. Yang membedakan sistem yang layak adalah kapasitasnya untuk menggunakan informasi, yaitu pengetahuan terstruktur tentang energi, materi, dan organisasi, untuk mengarahkan aliran energi secara produktif. Informasi berfungsi sebagai antarmuka negentropik antara potensi energi dan koherensi sistemik. Namun, produksi dan pemeliharaan informasi itu sendiri merupakan proses energi. Generasi informasi yang layak - pengetahuan yang meningkatkan koordinasi sistemik dan efisiensi energi (EROEI yang lebih tinggi) - membutuhkan investasi energi, namun menghasilkan negentropi yang lebih besar sebagai imbalannya. Sebaliknya, informasi yang tidak layak - data yang berlebihan, tidak akurat, atau terlalu banyak - mengkonsumsi energi tanpa mengimbangi kekacauan. Dengan demikian, hal itu meningkatkan entropi sistemik, mengurangi kelayakan secara keseluruhan.

Metabolisme informasi suatu sistem hanya layak ketika biaya energi untuk memelihara infrastruktur informasinya (teknologis, institusional, atau kognitif) tetap di bawah negentropi yang dicapai. Prinsip ini memiliki implikasi mendalam bagi ekonomi kontemporer di mana pemrosesan informasi telah menjadi bentuk aktivitas produktif yang dominan. Intensitas data yang belum pernah terjadi sebelumnya di era digital, meskipun memperluas jangkauan informasi, juga memperbesar beban energi untuk menjaga koherensi. Batasan antara informasi yang bermanfaat dan kebisingan sistemik menjadi semakin menentukan bagi kelangsungan hidup di masa depan.

8. Nilai, Uang, Dan Sirkulasi Sebagai Mediasi Termodinamika

Dari sudut pandang SEV, uang dan keuangan berfungsi sebagai perangkat katalitik dan mediasi untuk sirkulasi tatanan sistemik. Mereka adalah instrumen untuk mobilisasi dan koordinasi energi, material, dan informasi di seluruh ruang dan waktu. Namun, mereka tidak menciptakan nilai dalam diri mereka sendiri; mereka hanya mengekspresikan dan mendistribusikan kembali kapasitas negentropik sistem. Mereka berfungsi sebagai bentuk nilai tukar, tetapi bukan nilai guna dalam arti sebenarnya.

Dalam rezim yang stabil, struktur keuangan dan moneter terkait erat dengan realitas energi-informasi yang mendasarinya: aliran investasi menuju aktivitas yang produktif, hemat energi, dan koheren secara informasional. Ketika sistem simbolik ini terlepas dari kelayakan fisik dan informasional, mereka mulai memperkuat kekacauan dengan mempercepat penciptaan modal fiktif, yang pada gilirannya mendorong gelembung spekulatif dan kerapuhan sistemik. Dengan demikian, sirkulasi tidak netral. Ia dapat meningkatkan negentropi dengan menyelaraskan energi, informasi, dan keuangan dalam parameter yang layak, atau mempercepat entropi dengan memungkinkan ketidakselarasan mereka. Oleh karena itu, kesehatan sistemik ekonomi terletak pada kemampuannya untuk mempertahankan sirkulasi nilai guna dan nilai tukar yang berkelanjutan, yang fondasi energi dan informasinya tetap koheren dari waktu ke waktu.

4.3 REPRODUKSI SISTEMIK – FUNGSI KONDRATIEV

Para ekonom politik klasik, dalam intuisi terdalam mereka, adalah teoretikus reproduksi. Sirkuit modal Marx ($M - C - M'$), *Tableau Économique* Quesnay, dan kemudian formulasi input-output Leontief dan Sraffa semuanya berupaya untuk mengungkapkan wawasan mendasar yang serupa: bahwa kontinuitas ekonomi bergantung pada kemampuannya untuk mereproduksi dirinya sendiri secara keseluruhan. Dalam hal energi, reproduksi melibatkan pembaruan struktur negentropik yang memungkinkan sirkulasi berkelanjutan.

Kontribusi Kondratiev pada garis keturunan ini adalah untuk mengakui bahwa reproduksi sistemik bukanlah kontinu tetapi seperti gelombang. Gelombang panjang - atau siklus K - mewakili periode ekspansi dan kontraksi yang bergantian dalam tatanan sistemik, yang didorong oleh transformasi dalam landasan teknologi, energi, dan kelembagaan produksi. Dalam kerangka SEV, gelombang-gelombang ini muncul secara endogen dari dialektika antara entropi dan negentropi yang mengatur semua sistem energi-informasi.

1. Dinamika Keteraturan Sistemik

Misalkan $A(t)$ menunjukkan parameter keteraturan dari suatu sistem sosial-ekonomi; ini adalah ukuran koherensi sistemik, kecanggihan teknologi, dan kelangsungan organisasi. Ini mewakili stok negentropi yang layak yang terakumulasi melalui investasi energi dan informasi di masa lalu. $A(t)$ meningkat ketika teknologi baru, pengaturan kelembagaan, dan sistem energi menghasilkan keteraturan lebih cepat daripada yang hilang; ia menurun ketika entropi - disorganisasi, penipisan, kelebihan informasi - mengikis koherensi tersebut. Pada tingkat makro, output sistemik $Y(t)$ dapat dinyatakan sebagai:

$$Y(t) = A(t) \cdot f(K, L, E)$$

di mana $f(\cdot)$ menangkap hubungan struktural antara modal K , tenaga kerja L , dan energi yang dapat digunakan E .

Formulasi ini - yang dapat kita sebut sebagai fungsi siklus produksi Kondratiev - berbeda secara fundamental dari fungsi produksi neoklasik. Tingkat pertumbuhan $A(t)$ bukanlah "kemajuan teknologi" eksogen, tetapi merupakan refleksi dari kapasitas sistem untuk mengatur ulang dirinya sendiri secara termodinamika: untuk mengakses aliran energi berkualitas lebih tinggi dan mengoordinasikannya melalui informasi yang layak. Dalam konteks SEV, $A(t)$ berevolusi sesuai dengan keseimbangan negentropi bersih:

$$\dot{A} = \alpha_A(\Phi - \beta_S S) - \delta_A A$$

di mana Φ mewakili kekuatan negentropik kreatif dari inovasi dan koordinasi, S adalah entropi sistemik, dan δ_A adalah laju peluruhan keteraturan. Formalisme sederhana ini menangkap esensi intuisi gelombang panjang Kondratiev: bahwa fase ekspansif muncul ketika $\Phi - \beta_S S$, dan fase kontraktif ketika kebalikannya berlaku.

2. Rezim Energi Dan Transisi Mave

Setiap gelombang Kondratiev sesuai dengan munculnya dan pematangan rezim energi-teknologi baru yang mampu memberikan pengembalian energi bersih yang lebih tinggi. Transisi dari air dan angin ke batubara, dari batubara ke minyak, dari minyak ke elektrifikasi dan digitalisasi, dan sekarang ke energi terbarukan dan hidrogen, mewakili reorganisasi berturut-turut dari fondasi energi keteraturan.

EROEI mendefinisikan batas antara konfigurasi sistemik yang layak dan tidak layak. Ketika EROEI meningkat, surplus energi menjadi tersedia, memungkinkan perluasan kompleksitas produktif, informasional, dan finansial. Ketika menurun, surplus energi yang mendukung keteraturan sistemik menyusut, memaksa penyederhanaan dan konfigurasi ulang. Oleh karena itu, gelombang Kondratiev bukan hanya zaman teknologi tetapi fase termodinamika metabolisme peradaban. Ritme gelombang tersebut mencerminkan keberhasilan dan kelelahan yang bergantian dari strategi energi dan organisasi yang berurutan untuk mempertahankan negentropi sistemik.

3. Inovasi Sebagai Konversi Negentropi

Dalam kerangka SEV, inovasi mewakili konversi potensi energi menjadi tatanan sistemik. Ini bukan penemuan dalam arti sempit, tetapi integrasi bentuk-bentuk pengetahuan, koordinasi, dan kemampuan material baru yang meningkatkan hasil negentropi efektif dari sistem. Inovasi beroperasi sebagai penguat EROEI: ia memungkinkan aliran energi yang ada untuk digunakan lebih produktif, memperpanjang umur rezim energi. Namun inovasi juga bergantung pada surplus energi yang tersedia dari rezim sebelumnya. Ketergantungan timbal balik ini - energi yang dibutuhkan untuk inovasi versus efisiensi energi yang dihasilkannya - membentuk ritme struktural gelombang panjang. Secara formal, intensitas inovasi $I(t)$ bertindak sebagai saluran antara energi dan tatanan:

$$\begin{aligned}\dot{E} &= \rho_I I(E_{max} - E) - \delta_E E \\ \dot{I} &= \sigma_E(E) - \gamma_I I\end{aligned}$$

Di sini, $I(t)$ mendorong pelepasan energi (misalnya, melalui penemuan, penerapan teknologi, atau peningkatan efisiensi), sementara kelangsungan hidupnya sendiri bergantung pada energi yang tersedia. Keduanya berevolusi bersama, menghasilkan dinamika osilasi yang khas dari siklus Kondratiev.

4. Dari Produksi Ke Reproduksi Sistemik

Sintesis SEV–Kondratiev membingkai ulang ini sebagai masalah reproduksi sistemik: pembaruan kontingen dari aliran yang layak di bawah kendala energi dan informasi serta inovasi. Transisi dari satu rezim kelangsungan hidup ke rezim lainnya tidak pernah dijamin; hal itu dikondisikan oleh seberapa efektif masyarakat mengidentifikasi, menafsirkan, dan menanggapi sinyal tekanan energi. Reproduksi koherensi aliran dengan demikian bergantung pada adaptasi kognitif dan kelembagaan sama seperti pada potensi teknis.

Pertumbuhan output yang melebihi surplus energi sistem pada akhirnya tidak berkelanjutan, karena hal itu menguras cadangan ketertiban yang menjadi sandaran produksi.

Sebaliknya, kontraksi output yang berada di bawah ambang batas yang diperlukan untuk mempertahankan reproduksi sosial menyebabkan fragmentasi dan kekacauan. Zona kelayakan terletak pada keseimbangan dinamis antara potensi energi dan hasil material: surplus energi yang cukup untuk mempertahankan tatanan sistemik dan inovasi, namun tetap dalam batas reproduksi berkelanjutan.

Dalam pandangan ini, ukuran sebenarnya dari perekonomian bukanlah sekadar seberapa banyak yang diproduksinya, tetapi seberapa efisien dan koherennya perekonomian tersebut mengubah energi menjadi output yang dibutuhkan secara sosial sambil mempertahankan EROEI bersih yang positif. Ketika EROEI menurun di bawah tingkat yang dibutuhkan untuk mereproduksi infrastruktur fisik dan tatanan sosial, entropi sistemik tidak hanya bermanifestasi sebagai stagnasi ekonomi tetapi juga sebagai disintegrasi sosial - yaitu, hilangnya kohesi, legitimasi, dan lembaga-lembaga yang menopang ketertiban. Oleh karena itu, setiap gelombang panjang peningkatan sesuai dengan fase di mana inovasi energi dan informasi memperluas output material dan surplus energi, memperkuat integrasi sosial. Setiap penurunan mencerminkan kelelahan dari keselarasan tersebut, ketika basis energi dan informasi sistem tidak lagi dapat menopang kompleksitas material dan sosial yang telah dihasilkannya. Kapasitas sistem untuk mengorientasikan dirinya kembali ke sumber-sumber baru kelayakan energi dan informasi pada dasarnya tidak pasti. Ketidakpastian radikal, pengetahuan yang terbatas, dan inersia institusional berarti bahwa adaptasi seringkali tertunda, parsial, atau salah arah. Dialektika entropi dan negentropi dalam sistem sosial karenanya merupakan perjuangan terbuka - sebuah proses improvisasi berkelanjutan daripada koreksi mekanis.

5. Osilasi Sebagai Kecenderungan Struktural

Karena energi, informasi, dan koherensi institusional berkembang dengan kecepatan temporal yang berbeda, interaksi mereka secara alami menimbulkan osilasi. Sistem energi berubah perlahan, dibatasi oleh infrastruktur material dan batasan geologis. Sistem informasi beradaptasi lebih cepat, tetapi membutuhkan energi untuk mempertahankan diri. Keuangan beroperasi pada cakupan temporal terpendek, memproyeksikan harapan akan keteraturan ke masa depan.

Desinkronisasi temporalitas ini menghasilkan siklus gelombang panjang. Ketika ekspansi keuangan dan informasi melampaui kelayakan energi dan material, entropi terakumulasi; ketika terobosan energi menyelaraskan kembali struktur, keteraturan dipulihkan. Dengan demikian, gelombang Kondratiev adalah ekspresi makrodinamik dari ketidakseimbangan termodinamik suatu sistem - yaitu, kebutuhan periodik sistem tersebut untuk mengatur ulang hubungan antara energi, informasi, dan keuangan guna mempertahankan nilai tukar yang layak.

4.4 PRODUKSI LEONTIEF - KETERGANTUNGAN SISTEMIK

Setiap sistem ekonomi yang layak bukanlah fungsi produksi tunggal, melainkan jaringan proses yang saling bergantung. Apa yang diformalkan Leontief dalam analisis input-output pada dasarnya adalah peta struktural metabolisme ekonomi: ketergantungan berpola di mana

output satu sektor menjadi input sektor lain, membentuk sirkuit tertutup pertukaran energi, material, dan informasi. Buku Sraffa, *The Production of Commodities by Means of Commodities*, menawarkan wawasan mendasar yang serupa. Dalam istilah SEV, jaringan ini merupakan substrat struktural di mana negentropi beredar dan entropi terakumulasi.

1. Ketergantungan Struktural sebagai Kondisi Sistemik

Wawasan Leontief dan Sraffa adalah bahwa produksi adalah masalah ketergantungan proporsional. Setiap simpul ekonomi - setiap sektor, perusahaan, atau proses produktif - bergantung pada yang lain dalam rasio teknis tetap, yang mencerminkan baik kebutuhan material maupun koordinasi informasi yang tertanam di dalamnya. Saling ketergantungan ini berarti bahwa kelangsungan sistem tidak hanya bergantung pada produktivitas masing-masing node, tetapi juga pada koherensi jaringan secara keseluruhan.

Dalam istilah termodinamika, matriks input-output ekonomi mendefinisikan jalur aliran negentropiknya. Setiap hubungan menyalurkan energi yang dapat digunakan dan informasi yang layak; setiap inefisiensi, penundaan, atau pemutusan hubungan merupakan tempat kebocoran entropi. Oleh karena itu, struktur input-output Leontief dan Sraffa menjadi kerangka tatanan sistemik: topologinya menentukan seberapa efektif surplus energi dan kapasitas informasi menyebar melalui sistem.

Jaringan produksi yang koheren - di mana aliran energi dan informasi selaras dengan hubungan material - memaksimalkan hasil negentropik sistem. Jaringan yang terfragmentasi akan menghilangkan energi sebagai kekacauan, menghasilkan kekurangan, redundansi, dan kontradiksi. Oleh karena itu, efisiensi sistemik bukan hanya bersifat teknologi tetapi juga relasional: fungsi dari sejauh mana koneksi antar sektor mentransmisikan ketertiban daripada kebisingan.

2. Hubungan Produksi Leontief–SEV

Dalam kerangka SEV, setiap sektor i menghasilkan output Y_i yang dibatasi oleh ketergantungan energi, material, dan informasi pada sektor j lainnya. Hubungan produksi sistemik dapat dinyatakan sebagai:

$$Y_i = A_i(t) \cdot \min_j \left(\frac{K_j}{a_{K,ij}}, \frac{L_j}{a_{L,ij}}, \frac{E_j}{a_{E,ij}} \right)$$

di mana $A_i(t)$ menunjukkan keteraturan atau koherensi sistemik sektor; $a_{K,ij}, a_{L,ij}, a_{E,ij}$ adalah koefisien teknis yang menyatakan kebutuhan modal, tenaga kerja, dan energi per unit output dari sektor j ; dan operator min mencerminkan kendala proporsi tetap Leontief - sistem tidak dapat memproduksi melebihi input efektifnya yang paling langka.

Representasi ini menangkap sifat keterkaitan keteraturan: ketidakteraturan satu sektor menyebar melalui matriks, membatasi sektor lainnya. Oleh karena itu, parameter keteraturan sistemik A_i tidak independen tetapi ditentukan bersama oleh keadaan seluruh jaringan. Struktur SEV–Leontief memformalkan keterkaitan ini sebagai medan keteraturan–entropi, di mana kelangsungan hidup setiap node bergantung pada aliran koherensi negentropik dari node lainnya.

3. Penyebaran Dan Disipasi Nегentropi

Keteraturan sistemik menyebar melalui dua saluran yang saling terkait: keterkaitan energi dan koordinasi informasi. Keterkaitan energi menentukan apakah energi yang cukup tersedia di seluruh sektor untuk mempertahankan produksi; Koordinasi informasi menentukan apakah energi dan material diarahkan secara koheren ke penggunaan produktifnya.

Ketika kedua saluran selaras, negentropi menyebar secara efisien - setiap sektor memperkuat sektor lainnya, dan sistem mempertahankan tingkat keteraturan yang tinggi dengan pemborosan minimal. Ketika tidak selaras, kebalikannya terjadi: kebisingan informasi mendistorsi aliran energi, menciptakan ketidaksesuaian antara kapasitas dan permintaan, yang menyebabkan output yang tidak produktif atau sumber daya yang kurang dimanfaatkan. Hasilnya adalah entropi sistemik - yang termanifestasi sebagai hambatan, modal menganggur, tekanan inflasi, atau ketidakstabilan keuangan.

Invers Leontief, yang secara tradisional mengukur total kebutuhan input untuk satu unit permintaan akhir, dalam istilah SEV dapat diinterpretasikan kembali sebagai pengali negentropi. Ini menunjukkan sejauh mana peningkatan efisiensi lokal menyebar melalui sistem untuk meningkatkan keteraturan keseluruhan; atau sebaliknya, bagaimana degradasi lokal menciptakan kemungkinan terjadinya kekacauan sistemik.

4. Diferensiasi Sektoral Dan Asimetri Temporal

Tidak semua sektor berkontribusi secara sama terhadap negentropi sistemik. Sektor-sektor hulu—yang paling dekat dengan ekstraksi energi primer dan transformasi material—menjadi penopang kelangsungan fisik sistem. Koefisien energi mereka menentukan potensi EROEI (Energy Return on Energy Invested/Pengembalian Investasi Energi) dari seluruh struktur. Sebaliknya, sektor-sektor hilir cenderung lebih intensif secara informasi; produktivitas mereka kurang bergantung pada masukan energi langsung dan lebih bergantung pada koherensi informasi sistem.

Asimetri ini memiliki dua konsekuensi. Pertama, kekuatan sistemik berada di hulu: sektor-sektor yang mengendalikan akses ke energi berkualitas tinggi dan material penting pada akhirnya membatasi kecepatan dan arah transformasi. Kedua, ritme temporal perubahan tidak merata: konfigurasi ulang hulu (pergeseran rezim energi) terjadi secara perlahan, sementara adaptasi hilir (reorganisasi informasi, keuangan, atau konsumen) dapat terjadi dengan cepat. Interaksi skala waktu ini menghasilkan jeda fase karakteristik dari osilasi gelombang panjang.

Dalam istilah SEV–Leontief, peningkatan Kondratiev dimulai ketika reorganisasi rezim energi hulu menciptakan ruang gerak negentropik baru - EROEI yang lebih tinggi dan kepadatan energi yang lebih baik - yang kemudian diperkuat oleh sektor hilir melalui inovasi informasi dan kelembagaan. Penurunan dimulai ketika kompleksitas informasi dan keuangan melampaui fondasi energi yang menopangnya, menyebabkan entropi bergema melalui matriks input-output.

5. Koherensi Dan Kerapuhan Sistemik

Tingkat koherensi sistemik - sejauh mana jaringan Leontief mempertahankan keterkaitan energi dan informasi yang layak - menentukan ketahanan sistem. Koherensi memungkinkan sistem untuk menyerap guncangan dan mengalokasikan kembali energi dan

informasi secara adaptif; inkoherensi memperbesar gangguan, menghasilkan kegagalan berantai. Kerapuhan muncul ketika sektor-sektor menjadi terlalu terdiferensiasi atau terlepas dari realitas energi, seperti dalam kasus di mana sektor keuangan atau informasi berkembang lebih cepat daripada yang dapat ditopang oleh basis energi. Dalam konteks ini, risiko sistemik kapitalisme keuangan modern merupakan manifestasi struktural dari penurunan EROEI yang disaring melalui matriks Leontief yang terlalu luas: sebuah jaringan yang terus mengedarkan klaim negentropi bahkan ketika fondasi energi dan informasinya terkikis.

Dengan demikian, dalam sintesis SEV–Leontief, krisis sistemik bukanlah gangguan acak tetapi konsekuensi yang dapat diprediksi dari ketidakkoherenan jaringan: hilangnya keselarasan antara subsistem energi, informasi, dan keuangan dalam arsitektur produksi yang saling bergantung.

4.5 INFORMASI SEBAGAI METABOLISME ENERGI

Dalam istilah termodinamika, kehidupan dan organisasi sosial sama-sama mempertahankan diri bukan hanya dengan mengubah energi dan materi, tetapi juga dengan memelihara dan memproses informasi. Kerangka kerja SEV menganggap informasi sebagai jaringan ikat negentropi: ia menyusun aliran energi dan aktivitas material yang mempertahankan tatanan sistemik. Namun, seperti semua bentuk tatanan, informasi memiliki biaya energi. Produksi, transmisi, dan pemeliharaannya membutuhkan energi, dan ketika biaya ini melebihi negentropi yang dihasilkannya, informasi menjadi entropik, berubah dari sumber koherensi menjadi pendorong kekacauan.

1. Informasi Dan Ekonomi Termodinamika Keteraturan

Informasi berfungsi sebagai prinsip pengorganisasian di mana energi potensial diubah menjadi kerja yang bertujuan. Ia mendefinisikan tidak hanya untuk apa energi digunakan, tetapi juga seberapa efisien energi tersebut dimobilisasi. Setiap sistem teknis, institusi, dan pengaturan pasar mewujudkan arsitektur informasi: seperangkat aturan, rutinitas, dan mekanisme umpan balik yang menentukan distribusi energi dan sumber daya.

Namun, arsitektur ini sendiri harus dipertahankan. Pengumpulan, penyimpanan, dan transmisi data; Pemeliharaan infrastruktur administratif, komputasi, dan komunikatif; semuanya mengkonsumsi energi fisik. Ekonomi informasi, jauh dari melampaui materialitas, justru memperintensifikannya. Infrastruktur digital modern - pusat data, jaringan transmisi, dan cara kerja algoritma komputasi - merupakan salah satu domain konsumsi energi yang paling cepat berkembang secara global.

Dengan demikian, lapisan informasi ekonomi adalah metabolisme energi: ia mengkonsumsi energi untuk mempertahankan ketertiban, sama seperti tubuh mengkonsumsi makanan untuk mempertahankan struktur. Kelayakan metabolisme ini bergantung pada apakah biaya energi informasi tetap lebih rendah daripada hasil negentropi yang dihasilkannya. Ketika rasio ini menjadi tidak menguntungkan, sistem informasi berhenti mempertahankan ketertiban dan mulai menghasilkan entropi.

2. Informasi Yang Layak Dan Tidak Layak

Dalam kerangka SEV, domain informasi terbagi menjadi dua komponen yang berbeda namun saling terkait secara dinamis: informasi yang layak dan informasi yang tidak layak:

- Informasi M_t yang layak adalah informasi yang meningkatkan koordinasi sistemik, efisiensi, dan adaptabilitas. Informasi ini berkontribusi pada negentropi dengan memungkinkan energi dan material digunakan secara lebih efektif.
- Informasi yang tidak layak atau kebisingan N_t adalah informasi yang menghabiskan energi tanpa menghasilkan keuntungan yang sepadan; yaitu, data yang berlebihan, menyesatkan, atau melampaui batas yang menyumbat saluran komunikasi dan pengambilan keputusan sistem.

Transisi dari informasi yang layak ke informasi yang tidak layak bukanlah sekadar kelebihan kuantitatif tetapi inversi kualitatif. Ketika kompleksitas informasi tumbuh lebih cepat daripada kapasitas sistem untuk memrosesnya secara koheren, sinyal menjadi kebisingan. Energi terus dihabiskan untuk pemrosesan data, tetapi keuntungan dalam penciptaan keteraturan berkurang. Secara formal, kondisi kelayakan informasi dapat dinyatakan sebagai:

$$E_{info} < \Delta S_{offset}$$

di mana E_{info} adalah biaya energi untuk memproduksi dan memelihara informasi, dan ΔS_{offset} adalah pengurangan entropi (negentropi) yang dicapai karenanya. Ketika ketidakseimbangan ini tidak lagi berlaku, metabolisme informasi menjadi entropi bersih, mendorong kekacauan daripada mengurangnya.

3. Metabolisme Pengetahuan

Metabolisme informasi sistem, seperti metabolisme energinya, mengikuti dinamika siklus. Pengetahuan terakumulasi, mencapai saturasi, dan meluruh. Institusi muncul untuk menstabilkan dan mentransmisikan informasi yang layak, tetapi seiring waktu struktur ini sendiri menghasilkan kekakuan, redundansi, dan kontradiksi. Biaya energi untuk memelihara arsitektur informasi yang usang meningkat, sementara kapasitasnya untuk berkoordinasi menurun.

Proses ini terlihat di setiap zaman teknologi. Revolusi industri awal bergantung pada pengetahuan mekanis yang terkodifikasi dan aliran informasi yang sederhana; revolusi industri akhir dan digital bergantung pada infrastruktur informasi yang jauh lebih besar dan lebih cepat secara eksponensial. Namun, seiring meningkatnya throughput informasi, demikian pula biaya energi untuk mempertahankan koherensi. Sistem ini berisiko memasuki rezim hipertrofi informasional - suatu kondisi di mana proliferasi data melampaui kapasitas untuk interpretasi yang bermakna dan efisiensi energi.

Dalam istilah SEV, hipertrofi informasional adalah analog informasional dari akumulasi berlebihan di bidang keuangan: suatu kondisi di mana simbol-simbol keteraturan berlipat ganda lebih cepat daripada energi dan materi yang menopangnya. Hasilnya adalah kerapuhan sistemik, yang termanifestasi sebagai kelimpahan informasi yang tampak menutupi kekacauan yang semakin dalam.

4. Entropi, Kebisingan, dan Koordinasi Sosial

Entropi dalam sistem informasional termanifestasi sebagai kebingungan, kelebihan beban, dan ketidaksesuaian harapan. Dalam sistem sosial, hal itu muncul sebagai fragmentasi, yaitu, hilangnya referensi bersama dan kapasitas kolektif untuk berkoordinasi. Ketika informasi yang layak berubah menjadi kebisingan, koherensi sistemik terkikis. Agen ekonomi bertindak berdasarkan sinyal yang tidak konsisten atau terdistorsi; alokasi sumber daya menjadi tidak efisien; kepercayaan, pelumas informasional pertukaran, hancur.

Dengan demikian, entropi informasional bukanlah metafora tetapi kondisi energi dan sosial yang nyata. Hal ini mencerminkan hilangnya struktur negentropik yang menopang komunikasi, koordinasi, dan legitimasi. Masyarakat modern, yang dibanjiri informasi digital namun semakin terpolarisasi dan tidak koheren, menunjukkan paradoks ini: kelimpahan informasi yang tampak menyembunyikan peningkatan entropi termodinamika dan sosial.

5. Informasi, Energi, Dan Batasan Kecerdasan Buatan

Kemunculan teknologi kecerdasan buatan kontemporer mempertajam kontradiksi ini. Di satu sisi, AI menjanjikan optimalisasi penggunaan energi, peningkatan koordinasi, dan peningkatan efisiensi dari sistem yang ada, sehingga meningkatkan informasi yang layak. Di sisi lain, infrastruktur komputasi yang mendukung AI membutuhkan masukan energi yang besar dan terus meningkat, seringkali melebihi negentropi sistemik yang dihasilkannya. Dalam pengertian ini, AI mewujudkan dialektika informasi sebagai instrumen negentropik dan akselerator entropi. Kelayakannya tidak hanya bergantung pada kinerja komputasi tetapi juga pada EROEI informasional, yaitu rasio tatanan sistemik yang bermanfaat yang dihasilkan per unit energi yang dikonsumsi dalam komputasi dan penanganan data.

Jika rasio ini menurun, rezim informasional menjadi tidak berkelanjutan, terlepas dari kecerdasannya yang tampak. Pada akhirnya, sistem informasi tunduk pada hukum termodinamika yang sama seperti sistem material: negentropi tidak dapat dihasilkan tanpa pengeluaran energi, dan ketika biaya energi melebihi pengembalian negentropi, keteraturan akan runtuh. Oleh karena itu, kelangsungan ekonomi digital dan berbasis AI bergantung pada kemampuan mereka untuk mempertahankan EROEI informasi yang positif, dan oleh karena itu apakah mereka benar-benar dapat mengubah energi menjadi keteraturan sistemik yang berkelanjutan daripada panas informasi yang bersifat sementara.

4.6 KEUANGAN, MODAL FIKTIF, DAN KEBISINGAN INFORMASI

Jika energi menyediakan fondasi fisik dari tatanan sistemik, dan informasi adalah sarana yang digunakan untuk mengorganisir energi tersebut, maka keuangan adalah ranah di mana masyarakat mengantisipasi dan mendistribusikan tatanan tersebut dari waktu ke waktu. Keuangan menerjemahkan negentropi masa depan yang diharapkan menjadi klaim yang dapat dipertukarkan saat ini. Dengan kata lain, keuangan adalah mekanisme di mana ekonomi memproyeksikan kapasitasnya untuk mempertahankan dan mereproduksi tatanan di luar cakrawala produksi langsung.

Dalam kerangka SEV, keuangan menempati posisi paradoks: secara bersamaan memungkinkan dan mendestabilisasi. Jika selaras dengan benar, keuangan mempercepat

transformasi sistemik dengan memobilisasi dan menyalurkan sumber daya menuju inovasi dan pembaruan energi. Jika tidak selaras, keuangan memperkuat kekacauan dengan memisahkan nilai tukar dari fondasi energi dan informasinya - yaitu, proses produksi dan sirkulasi nilai guna. Sifat gandanya mencerminkan kondisi termodinamika yang lebih dalam dari sistem sosial - ketegangan yang tak terhindarkan antara kendala energi saat ini dan surplus masa depan yang dibayangkan yang terus-menerus dibawa oleh keuangan.

1. Keuangan Sebagai Mediasi Temporal

Keuangan memediasi antara negentropi masa kini dan masa depan. Melalui kredit, investasi, dan kapitalisasi, hal ini memungkinkan tindakan saat ini berdasarkan ekspektasi tentang tatanan sistemik di masa depan. Pada intinya, instrumen keuangan mewakili token negentropi yang diantisipasi: janji bahwa konfigurasi energi dan informasi di masa depan akan menghasilkan surplus yang cukup untuk memvalidasi klaim saat ini.

Mediasi temporal ini sangat penting untuk reproduksi kompleks. Barang modal berumur panjang, transisi teknologi, dan investasi infrastruktur semuanya bergantung pada kapasitas untuk mengalokasikan surplus di masa depan untuk penggunaan saat ini. Keuangan menjalankan fungsi ini dengan mengabstraksikan dari immediacy material produksi, menerjemahkan potensi energi dan informasi di masa depan ke dalam bentuk moneter. Namun, abstraksi ini hanya layak jika tetap berlabuh pada surplus energi potensial sistemik, yaitu, ketika pengembalian di masa depan dapat direalisasikan secara fisik dan informasional. Ketika keuangan berkembang lebih cepat daripada kapasitas sistem untuk menghasilkan negentropi aktual, ia menjadi fiktif: proliferasi klaim simbolis atas basis energi yang stagnan atau menurun.

2. Modal Fiktif, Kecepatan, Dan Keterasingan Dari Nilai Guna

Wawasan Minsky bahwa sistem keuangan menghasilkan ketidakstabilan mereka sendiri melalui mekanisme yang menopangnya dapat ditafsirkan ulang, dalam kerangka SEV, sebagai masalah perbedaan kecepatan antara sirkuit nilai yang berbeda. Keuangan dan informasi beredar lebih cepat daripada proses material yang menambatkannya pada nilai guna. Keduanya dapat diciptakan, ditransmisikan, dan dikombinasikan kembali hampir secara instan, sedangkan produksi dan reproduksi nilai guna - barang material, infrastruktur fisik, dan tenaga kerja yang terwujud - membutuhkan waktu, energi, dan koordinasi. Perbedaan ritme temporal ini adalah penyebab mendalam dari apa yang disebut Marx sebagai modal fiktif: klaim atas nilai guna masa depan yang berkembang lebih cepat daripada nilai-nilai tersebut yang sebenarnya dapat diproduksi.

Dalam istilah SEV, modal fiktif dan hipertrofi informasional muncul ketika sirkulasi simbolik melampaui reproduksi energi. Kecepatan aliran keuangan dan informasi menjadi terlepas dari sirkuit produksi fisik yang lebih lambat dan terbatas secara energi. Pemisahan ini mengubah keuangan dan data dari instrumen koordinasi menjadi sistem akumulasi otonom - bidang pertukaran nilai yang merujuk diri sendiri yang terlepas dari basis termodinamika nilai guna yang memberi mereka makna.

Saat sirkuit energi dan material tertinggal, sirkuit informasi-keuangan saling memperkuat. Inovasi keuangan melipatgandakan lapisan klaim derivatif; infrastruktur data

berkembang secara eksponensial; representasi simbolik nilai (harga, aset, dan metrik algoritmik) beredar dan bertambah tanpa peningkatan yang sesuai dalam kelayakan material. Sistem menjadi simulakrum reproduksi frekuensi tinggi; rezim hiper-kecepatan di mana energi simbolik menggantikan energi fisik, sampai koherensi yang mendasarinya gagal. Pada intinya, ekonomi mengalami keterasingan temporal antara dimensi simbolik dan materialnya. Sirkuit informasi dan keuangan berakselerasi ke masa depan, memanfaatkan kemungkinan yang belum dapat, atau tidak lagi dapat, dipertahankan oleh sistem energi. Ini bukan sekadar optimisme berlebihan; ini adalah sifat struktural sistem di mana subsistem informasi dan keuangan memiliki inersia energi dan waktu reproduksi yang jauh lebih rendah daripada sektor fisik.

Dengan demikian, modal fiktif bukanlah sekadar penyimpangan spekulatif, melainkan fase sistemik dari ketidakseimbangan temporal. Ia mencerminkan momen ketika kecepatan penciptaan nilai simbolik melebihi kecepatan reproduksi fondasi energinya. Dalam rezim ini, informasi dan keuangan menjadi terasing dari nilai guna, tidak hanya secara konseptual, tetapi juga secara material. Mereka beroperasi pada skala waktu yang berbeda, didukung oleh ekspektasi daripada aliran fisik.

Krisis muncul ketika kesenjangan temporal tertutup, ketika masa depan klaim simbolik yang tertunda bertabrakan dengan realitas reproduksi material yang lebih lambat. Oleh karena itu, "momen kebenaran" finansial adalah rekonsiliasi termodinamik: sinkronisasi ulang kecepatan antara sirkuit nilai tukar simbolik yang cepat dan berinersia rendah dan sirkuit produksi nilai guna yang lambat dan berenergi tinggi.

3. Energi Keuangan Dan Dinamika Antisipasi

Aktivitas keuangan itu sendiri mengkonsumsi energi - baik secara langsung, melalui pengoperasian infrastruktur komputasi, maupun secara tidak langsung, melalui koordinasi yang dibutuhkannya. Sistem keuangan global adalah prosesor informasi yang sangat besar, yang terus menerus mengevaluasi, menggabungkan kembali, dan menentukan harga ekspektasi tentang tatanan masa depan. Sistem ini mengubah ketidakpastian menjadi struktur probabilistik, tetapi penataan tersebut membutuhkan energi, dan kompleksitas yang dihasilkannya bersifat entropik ketika biaya informasinya melebihi manfaat koordinasinya.

Dalam pengertian ini, finansialisasi mewakili pergeseran alokasi energi sistem dari penciptaan negentropi produktif menuju pemeliharaan tatanan informasi dalam domain keuangan. Seiring meningkatnya biaya energi produksi riil (karena penurunan EROEI), lebih banyak energi dan informasi dialihkan untuk mengelola dan mempertahankan bangunan keuangan itu sendiri; yaitu, diarahkan untuk mempertahankan ilusi surplus masa depan di tengah kendala energi. Dengan demikian, sistem keuangan menjadi penampung metabolisme: suatu domain di mana energi dan informasi dihabiskan untuk mempertahankan koherensi simbolik nilai tukar, bahkan ketika tatanan sistemik riil memburuk. Ini menjelaskan mengapa ekonomi kapitalis maju sering mengalami euforia finansial dan stagnasi fisik secara bersamaan; yaitu, pemisahan akumulasi abstrak dari reproduksi material.

4. Keuangan Sebagai Penguat Osilasi Sistemik

Dalam konteks gelombang panjang SEV–Kondratiev, keuangan berfungsi sebagai akselerator dan penguat dinamika gelombang panjang. Selama fase peningkatan tatanan sistemik - ketika pengembalian energi dan inovasi tinggi - keuangan memperbesar ekspansi dengan memobilisasi sumber daya laten dan mengoordinasikan ekspektasi. Ia memperluas jangkauan negentropi dengan memungkinkan surplus masa depan untuk dikapitalisasi di masa kini.

Namun, ketika fondasi energi tatanan melemah, mekanisme keuangan yang sama memperkuat kontraksi. Ekspansi kredit menjadi beban utang; dan inflasi aset menjadi kerapuhan. Sistem, yang tidak mampu memenuhi komitmen simboliknya dengan surplus energi dan informasi riil, memasuki fase koreksi entropi; krisis, penurunan nilai, dan reorganisasi. Peran ganda ini menjelaskan karakter non-linier transformasi kapitalis: keuangan memungkinkan dan sekaligus mendestabilisasi tatanan sistemik. Ini adalah batas temporal metabolisme termodinamika ekonomi, dan merupakan titik di mana abstraksi nilai bertemu dengan batas kelayakan fisik.

5. Sifat Informasional Dari Kebisingan Keuangan

Karena keuangan beroperasi terutama melalui informasi - harga, kontrak, dan ekspektasi - disfungsi keuangannya bermanifestasi sebagai kebisingan informasional. Ketika harga keuangan berhenti mencerminkan realitas energi atau produktif, harga tersebut kehilangan fungsi koordinasinya. Hasilnya adalah lingkungan informasional yang jenuh dengan volatilitas, spekulasi, dan ketidakpastian: rezim energi tinggi, negentropi rendah.

Penyebaran instrumen derivatif, perdagangan algoritmik, dan aset spekulatif mencontohkan dinamika ini. Pasar keuangan, dalam upaya mereka untuk memproses informasi yang semakin banyak dengan lebih cepat, menjadi sistem yang merujuk pada diri sendiri; mereka menjadi mesin virtual untuk menghasilkan dan menyerap kebisingan mereka sendiri - simulakra yang diperkuat. Metabolisme informasional keuangan dengan demikian mencerminkan kecenderungan sistemik yang lebih luas menuju hipertrofi yang dijelaskan sebelumnya. Pada titik ekstremnya, kebisingan keuangan kembali ke ekonomi riil, mendistorsi prioritas investasi, menggembungkan gelembung aset, dan merusak distribusi sosial energi dan sumber daya. Konsekuensinya bukan hanya ketidakstabilan ekonomi tetapi juga entropi sosial: meningkatnya ketidaksetaraan, terkikisnya kepercayaan, dan runtuhnya kerangka simbolik bersama yang menopang koherensi sistemik.

6. Keuangan, Entropi, Dan Tatanan Sosial

Pada akhirnya, keuangan tidak dapat dipisahkan dari kondisi termodinamika dan informasi tatanan sosial. Keuangan mencerminkan dan membentuk kapasitas kolektif untuk mengkoordinasikan energi, informasi, dan waktu. Ketika keuangan tetap berlabuh pada transformasi produktif—yaitu, ketika ia memobilisasi energi dan pengetahuan menuju pembaruan sistemik yang sejati—ia berfungsi sebagai instrumen negentropik. Ketika ia terlepas, ia mempercepat entropi dengan memperbanyak klaim simbolik pada basis energi yang menyusut.

Oleh karena itu, krisis kapitalisme yang terfinansialisasi bukanlah anomali tetapi ekspresi dari kontradiksi energi dan informasi yang lebih dalam dari sistem tersebut. Krisis tersebut mewakili momen-momen ketika sirkuit simbolik nilai tukar runtuh kembali ke fondasi termodinamikanya, atau ketika tatanan fiktif harus didamaikan dengan realitas fisik. Dalam konteks ini, tugas transformasi sistemik bukanlah sekadar regulasi keuangan tetapi menambatkan kembali keuangan dalam energi reproduksi. Hanya ketika arus keuangan sekali lagi sesuai dengan potensi nyata energi dan informasi, sirkulasi nilai tukar dapat mempertahankan negentropi daripada kekacauan.

4.7 SISTEM SEV–LEONTIEF–KEUANGAN

Setelah mengartikulasikan dimensi energi, informasi, dan keuangan dari reproduksi sistemik, kita sekarang dapat mengintegrasikannya ke dalam satu skema dinamis: sistem SEV–Leontief–Keuangan. Formulasi ini menyediakan model umum tentang bagaimana sistem ekonomi berevolusi sebagai organisme termodinamik–informasi–keuangan, yang stabilitas dan transformasinya muncul dari interaksi antara energi, keteraturan, informasi, dan harapan.

Pada intinya, sistem ini mewujudkan dialektika yang sama yang mendasari semua sistem terbuka yang jauh dari keseimbangan: ketegangan antara entropi dan negentropi. Energi menyediakan potensi mentah; informasi mengarahkan penggunaannya; dan keuangan memproyeksikan penggunaan tersebut dari waktu ke waktu. Keteraturan sistemik muncul ketika ketiga domain ini koheren; yaitu, ketika aliran energi, struktur informasi, dan antisipasi keuangan saling memperkuat. Sebaliknya, krisis sistemik muncul ketika ketiganya tidak selaras, memperkuat entropi melalui struktur saling ketergantungan ekonomi.

1. Inti Sistemik

Parameter tatanan sistemik A_t menangkap koherensi, efisiensi, dan kapasitas adaptif dari keseluruhan sistem. Parameter ini mewakili tingkat negentropi yang layak yang tertanam dalam teknologi, institusi, dan koordinasi sosial. Evolusinya mencerminkan keseimbangan antara penciptaan negentropi dan peluruhan entropi:

$$A' = \alpha_A(\Phi - \beta_S S) - \delta_A A$$

di mana Φ adalah *potensi negentropik* komposit - fungsi dari energi yang tersedia, informasi yang layak, dan intensitas inovasi - sedangkan S mewakili entropi sistemik. Keteraturan meningkat ketika potensi energi dan informasi melebihi kecenderungan disipatif entropi; keteraturan menurun ketika kecenderungan tersebut mendominasi. Hubungan tunggal ini menangkap gerakan siklus transformasi. Ini menyiratkan bahwa keteraturan sistemik tidak pernah dapat dipertahankan secara permanen: seiring akumulasi negentropi, demikian pula kompleksitas dan biaya energi untuk mempertahankannya, yang tak terhindarkan mengarah pada perluasan berlebihan dan krisis.

2. Dinamika Energi

Energi, fondasi material dari keteraturan sistemik, berevolusi sebagai:

$$\dot{E} = \rho_{II}(E_{max} - E) - \delta_E E - c_E Y - c_{info}(M, N)$$

Di sini I mewakili intensitas inovasi, yang mendorong terbukanya kapasitas energi baru (misalnya, melalui peningkatan teknologi atau penemuan sumber daya); E_{max} adalah batas potensi efektif yang ditentukan oleh batasan biofisik; dan $c_E Y$ adalah energi yang dikonsumsi dalam produksi. Istilah terakhir, $c_{info}(M, N)$, mewakili biaya energi metabolisme informasi - yaitu, beban energi untuk mempertahankan informasi yang layak M dan memproses kebisingan N .

Kondisi kelangsungan hidup sistemik menuntut agar energi bersih yang dapat digunakan E tetap positif setelah memperhitungkan biaya-biaya ini. Ketika pengeluaran energi untuk mempertahankan kompleksitas informasi dan keuangan melebihi pengembalian, sistem melewati ambang batas di mana keteraturan tidak dapat dipertahankan. Oleh karena itu, penurunan ketersediaan energi bersih merupakan padanan material dari peningkatan entropi sistemik.

3. Dinamika Informasi

Subsistem informasi berevolusi sesuai dengan logika metabolisme:

$$\begin{aligned} \dot{M} &= \eta_I I - \mu_M M \\ \dot{N} &= \theta_I I - \gamma_N N + \lambda_F F \end{aligned}$$

di mana $M(t)$ mewakili informasi yang layak, dan $N(t)$ informasi yang tidak layak atau kebisingan. Penciptaan keduanya bergantung pada intensitas inovasi I , tetapi proporsinya bergantung pada koherensi sistemik dan pengaruh keuangan F , yang cenderung memperkuat kebisingan informasi ($\lambda_F > 0$).

Formulasi ini menjelaskan secara eksplisit bahwa inovasi memiliki konsekuensi negentropik dan entropik. Meskipun menghasilkan pengetahuan baru dan kemampuan organisasi, inovasi juga menghasilkan informasi berlebih, redundansi, dan ketidakstabilan, terutama ketika didorong oleh spekulasi keuangan atau percepatan kompetitif. Informasi yang layak meningkatkan tatanan sistemik dengan meningkatkan koordinasi dan mengurangi pemborosan energi. Sebaliknya, kebisingan mengkonsumsi energi sambil merusak koordinasi. Efisiensi informasi sistem dapat dinyatakan sebagai rasio informasi yang layak terhadap total informasi, sebagai semacam EROEI informasional yang mengukur pengembalian negentropik bersih atas energi yang dikeluarkan dalam produksi dan komunikasi pengetahuan.

4. Dinamika Keuangan

Subsistem keuangan mengatur sirkulasi tatanan yang diantisipasi. Dinamikanya dinyatakan sebagai:

$$\dot{F} = s(\Pi) + r_f F - \gamma_F F$$

di mana $s(\Pi)$ mewakili bagian dari laba saat ini yang disimpan dan diinvestasikan kembali, r_f adalah pengembalian finansial atas modal yang ada, dan δ_F adalah devaluasi atau peluruhan klaim keuangan.

Kuangan berinteraksi dengan sistem riil dalam dua cara utama. Pertama, melalui umpan balik investasi, di mana modal keuangan memungkinkan inovasi dan pelepasan energi ($\phi_F(F)$), mempercepat transformasi. Kedua, melalui umpan balik spekulatif, di mana kelebihan keuangan memperkuat kebisingan dan kerapuhan sistemik ($\gamma_F F$ dalam persamaan informasi di atas).

Dalam fase peningkatan tatanan sistemik, akumulasi keuangan tampak menstabilkan: ia menyalurkan sumber daya menuju inovasi produktif. Namun, ketika klaim keuangan melampaui pertumbuhan energi dan informasi riil, mekanisme yang sama berubah menjadi destabilisasi. Modal fiktif berkembang biak, dan representasi simbolik dari tatanan terlepas dari basis material dan informasinya. Koreksi yang terjadi kemudian bermanifestasi sebagai krisis; yaitu, sinkronisasi ulang abstraksi keuangan dengan realitas termodinamika.

5. Kopleng Leontief

Semua proses ini berlangsung dalam struktur jaringan yang saling bergantung yang ditangkap oleh matriks Leontief (A_{ij}). Dalam istilah SEV, struktur Leontief mendefinisikan jalur penyebaran negentropi melalui sistem. Output setiap sektor bergantung pada kelangsungan hidup sektor lain, menghubungkan energi, informasi, dan keuangan di seluruh jaringan produksi.

Oleh karena itu, sistem SEV–Leontief–Keuangan secara keseluruhan dapat diungkapkan secara skematis sebagai:

$$\begin{aligned} \dot{A} &= \alpha_A(\Phi(E, I, M, F) - \beta_S S) - \delta_A A \\ \dot{E} &= \rho_I I(E_{max} - E) - \delta_E E - c_E Y - c_{info}(M, N) \\ \dot{S} &= \psi_Y Y + \theta_N N - \kappa_A A - \delta_S S \\ \dot{I} &= \sigma_E(E) - \gamma_I I + \phi_F(F) \\ \dot{M} &= \eta_I I - \mu_M M \\ \dot{N} &= \theta_I I - \gamma_N N + \lambda_F F \\ \dot{F} &= s(\Pi) + r_f F - \gamma_F F \end{aligned}$$

di mana setiap variabel berinteraksi melalui koefisien input-output Leontief yang mendefinisikan saling ketergantungan struktural ekonomi. Model ini menangkap sistem adaptif kompleks yang beresilasi antara fase pembentukan keteraturan dan fase penghilangan keteraturan. Sistem ini mengatur diri sendiri, namun dibatasi oleh batas energi dan informasi. Interpretasi:

- A — Struktur jaringan adaptif: topologi Leontief dinamis yang menangkap saling ketergantungan sistemik.
 - α_A : responsivitas koherensi jaringan terhadap potensi negentropik Φ .
 - β_S : sensitivitas terhadap degradasi yang disebabkan oleh entropi.
 - δ_A : tingkat peluruhan struktural (hilangnya viabilitas dalam hubungan jaringan).

- $\Phi(E, I, M, F)$: potensi negentropik komposit yang berasal dari energi, inovasi, informasi, dan keuangan.
- E — Basis energi: stok energi yang dapat digunakan yang terus berkembang, dibatasi oleh penipisan, biaya informasi, dan hasil produksi.
- S — Entropi: gesekan sistemik yang terakumulasi; dikurangi melalui fungsi jaringan yang koheren (uAA).
- I — Intensitas inovasi: mekanisme adaptif yang menghubungkan peluang energi dan stimulus keuangan.
- M, N — Metabolisme informasi: aliran informasi yang layak (M) dan tidak layak (N), yang masing-masing menghasilkan koordinasi atau kebisingan.
- F — Keuangan: subsistem antisipatif yang memproyeksikan negentropi ke depan; baik memungkinkan maupun mendestabilisasi.

Formulasi ini menangkap keterkaitan sistemik penuh yang menjadi inti SEV.

- Saat ini mewujudkan evolusi struktural saling ketergantungan - bagaimana topologi ekonomi belajar, beradaptasi, dan kadang-kadang retak.
- Energi, informasi, dan keuangan bertindak sebagai variabel medan yang dinamikanya membentuk dan dibentuk oleh topologi tersebut.
- Entropi memberikan gaya lawan, menurunkan konektivitas dan koherensi ketika umpan balik negentropik gagal.

Sistem yang dihasilkan bukanlah sistem tertutup atau deterministik, melainkan adaptif secara refleksif. Sistem ini merepresentasikan ekonomi sebagai jaringan yang terus-menerus mengatur ulang dirinya sendiri di mana aliran yang layak bergantung pada kapasitas untuk menyinkronkan subsistem energi, informasi, dan keuangan lebih cepat daripada erosi entropi. Dalam pengertian ini, kerangka kerja SEV–Leontief–Finance memodelkan ekonomi sebagai topologi hidup dari propagasi negentropik - yaitu, organisme termodinamika, informasi, dan kelembagaan yang berevolusi di bawah kendala.

6. Osilasi Sistemik Dan Dinamika Gelombang Panjang

Interaksi subsistem ini - energi, informasi, dan keuangan - cenderung menghasilkan osilasi endogen yang merupakan ciri khas dinamika gelombang panjang. Namun, osilasi ini tidak sepenuhnya periodik atau tak terelakkan; osilasi ini dibentuk oleh bagaimana masyarakat memahami dan menanggapi batasan yang muncul. Waktu dan amplitudo setiap gelombang transformasi bergantung pada adaptabilitas kelembagaan, koherensi informasi, dan politik transisi energi.

Selama fase peningkatan, inovasi tinggi dan optimisme keuangan saling memperkuat; pelepasan energi meningkat ($EROEI_p$), informasi yang layak berkembang, dan tatanan sistemik A meningkat. Seiring waktu, biaya energi dan informasi dari kompleksitas meningkat; informasi yang layak jenuh, kebisingan menumpuk, dan keuangan melampaui batas. Sistem memasuki fase entropi: penurunan $EROEI$, peningkatan kebisingan informasi, dan ketidakstabilan keuangan memicu krisis dan kontraksi. Pada akhirnya, reorganisasi terjadi dengan rezim energi baru, arsitektur informasi baru, dan penjangkaran kembali keuangan dalam transformasi nyata yang memulai siklus berikutnya atau sistem dapat runtuh.

Sistem SEV–Leontief–Keuangan dengan demikian memformalkan ritme mendalam evolusi sosial-ekonomi sebagai denyut termodinamika–informasional: reorganisasi periodik tatanan dalam menghadapi entropi. Setiap gelombang mewakili konfigurasi baru dari kompleks energi–informasi–keuangan, yang dibangun di atas sisa-sisa dari yang sebelumnya.

7. Sistem Sebagai Organisme Negentropik

Model terintegrasi ini menata ulang ekonomi sebagai organisme negentropik: jaringan yang berevolusi yang mengubah energi menjadi kompleksitas terorganisir melalui mediasi informasi dan antisipasi keuangan. Kapasitasnya untuk mereproduksi dirinya sendiri bergantung pada pemeliharaan pengembalian energi dan informasional yang positif; yaitu, EROEI dalam energi, dan kelangsungan informasional dalam pengetahuan dan koordinasi.

Osilasi transformasi gelombang panjang bukanlah siklus mekanis tetapi manifestasi kontingen dari metabolisme sistemik. Apakah sistem memulihkan aliran yang layak atau menyerah pada entropi yang semakin dalam bergantung pada seberapa efektif sistem tersebut dapat menafsirkan sinyal stres, memobilisasi informasi yang layak, dan mengatasi resistensi kelembagaan terhadap perubahan. Keberhasilan atau kegagalan tidak diberikan kepada sistem itu sendiri. Mereka mengungkapkan ketegangan yang tak terhindarkan antara penciptaan dan penghilangan keteraturan - kebutuhan berulang untuk memperbarui fondasi energi dan informasi dari nilai itu sendiri. Periodisitas di sini harus dipahami sebagai kecenderungan di bawah kendala, bukan ritme deterministik. Tekanan energi atau informasi yang sama dapat menyebabkan lintasan yang berbeda - pembaruan dalam satu konteks, peluruhan dalam konteks lain - tergantung pada kapasitas epistemik sistem dan organisasi sosialnya.

Model SEV–Leontief–Finance dengan demikian mewakili bidang kemungkinan yang berkembang daripada hukum dinamis yang tertutup. Oleh karena itu, sistem ini tidak menetapkan lintasan tetap; ia mendefinisikan ruang potensi dinamis, di mana dialektika entropi dan negentropi terungkap dalam kondisi ketidakpastian radikal. Masa depan sistem apa pun - baik regeneratif maupun degeneratif - adalah hasil dari tindakan kognisi, koordinasi, dan kontestasi yang bergantung pada konteks dan sejarah.

4.8 OSILASI SISTEMIK DAN JALUR TRANSFORMASI

Jika sistem SEV–Leontief–Keuangan mewakili arsitektur mendalam evolusi ekonomi, maka sejarahnya terbentang sebagai rangkaian osilasi sistemik - reorganisasi periodik energi, informasi, dan keuangan yang merekonstitusi tatanan di atas fondasi baru. Osilasi ini bukanlah fluktuasi dangkal di sekitar keseimbangan, tetapi manifestasi dari ritme metabolisme sistem: denyutan negentropi dan entropi melalui jalinan reproduksi sosial.

Dalam pengertian ini, apa yang diintuisikan Kondratiev sebagai gelombang panjang perkembangan bukanlah sekadar siklus teknologi atau keuangan, tetapi reorganisasi termodinamika, yaitu, momen-momen ketika konfigurasi struktur energi, informasi, dan kelembagaan yang berlaku tidak lagi dapat mempertahankan kompleksitasnya sendiri, dan rezim tatanan baru harus muncul.

1. Fase-Fase Transformasi Sistemik

Setiap siklus gelombang panjang dapat diinterpretasikan sebagai rangkaian empat fase: pembangunan tatanan, perluasan berlebihan, krisis, dan reorganisasi.

1. Fase Pembangunan Tatanan - Kompleks energi-teknologi baru muncul, meningkatkan ketersediaan energi bersih dan EROEI. Inovasi memperluas informasi yang layak dan membentuk bentuk kelembagaan baru. Keuangan mendukung investasi produktif, menyalurkan tabungan dan kredit menuju transformasi. Tatanan sistemik *At* meningkat, entropi *St* stabil, dan output material berkembang secara koheren;
2. Fase Perluasan Berlebihan - Saat rezim baru matang, kompleksitas informasi dan keuangan berlipat ganda lebih cepat daripada pengembalian energi. Surplus energi menyempit, sementara biaya informasi dan ekspektasi spekulatif meningkat. Keuangan terlepas dari reproduksi riil, dan koherensi sistemik mulai terkikis;
3. Fase Krisis - Kontradiksi energi dan informasi memuncak dalam kerusakan sistemik. EROEI jatuh di bawah ambang batas yang diperlukan untuk mempertahankan kompleksitas yang ada; kebisingan membanjiri informasi yang layak; klaim keuangan runtuh kembali ke basis termodinamikanya. Entropi melonjak, tatanan memburuk, dan output berkontraksi; dan
4. Fase Reorganisasi - Keluar dari krisis, konfigurasi baru energi, informasi, dan keuangan mulai menyatu. Institusi beradaptasi, paradigma teknologi bergeser, dan struktur keuangan kembali berlabuh pada basis energi yang muncul. Gelombang panjang baru dimulai.

Fase-fase ini tidak terpisah tetapi tumpang tindih; masing-masing mengandung benih untuk fase berikutnya. Seluruh proses merupakan osilasi yang mengatur diri sendiri; ini adalah dinamika keteraturan dan ketidakteraturan yang terus-menerus dibentuk kembali pada potensi energi yang lebih tinggi atau lebih rendah.

2. Asimetri Temporal Dan Penundaan Umpan Balik

Osilasi sistemik muncul bukan hanya dari guncangan eksternal tetapi dari asimetri temporal internal yang melibatkan perbedaan kecepatan penyesuaian energi, informasi, dan keuangan. Sistem energi berevolusi lambat, terikat oleh infrastruktur material, kendala ekologis, dan inersia teknologi. Sistem informasi beradaptasi lebih cepat tetapi membutuhkan energi untuk mempertahankan operasinya. Sistem keuangan beradaptasi paling cepat dari semuanya, karena mereka beroperasi terutama melalui ekspektasi dan representasi daripada transformasi fisik.

Ketika ekspansi keuangan dan informasi melampaui fondasi energi, sistem memasuki keadaan ketidakstabilan antisipatif: klaim simbolik dan aliran data berlipat ganda lebih cepat daripada kapasitas nyata untuk mempertahankannya. Desinkronisasi ini menghasilkan fase peningkatan kelebihan kapasitas dan menyiapkan panggung untuk krisis. Sebaliknya, ketika kapasitas energi baru muncul, penyesuaian sistem keuangan dan informasi yang tertunda dapat menunda pemulihan, menghasilkan periode stagnasi yang panjang sebelum sinkronisasi baru tercapai. Oleh karena itu, perilaku siklik sistem SEV–Leontief–Finance mencerminkan

perjuangan berkelanjutan untuk menyelaraskan kembali ritme temporal dari subsistem penyusunnya.

3. Reorganisasi Struktural Dan Ketergantungan Jalur

Setiap gelombang transformasi merestrukturisasi matriks Leontief ekonomi - topologi antar-sektoral aliran energi dan informasi. Hubungan lama memudar seiring terbentuknya hubungan baru; seluruh arsitektur produksi dikonfigurasi ulang. Namun, reorganisasi ini bergantung pada jalur: mereka dibangun di atas, dan dibatasi oleh, warisan energi dan kelembagaan dari rezim sebelumnya.

Sebagai contoh, sistem industri berbasis batubara abad ke-19 meletakkan dasar infrastruktur dan organisasi untuk elektrifikasi berbasis minyak pada abad ke-20. Demikian pula, kompleks informasi digital akhir abad ke-20 muncul dari, dan bergantung pada, infrastruktur energi fosil bahkan ketika ia berupaya melampauinya. Oleh karena itu, lintasan transformasi bukanlah kemajuan linier tetapi evolusi berlapis - akumulasi rekursif dari arsitektur negentropik, masing-masing lebih kompleks dan menuntut energi daripada yang sebelumnya. Ketergantungan jalur memastikan bahwa entropi tidak pernah kembali ke nol; setiap tatanan baru mewarisi inefisiensi, pemborosan, dan kontradiksi sosial dari pendahulunya. Dengan demikian, setiap gelombang panjang yang meningkat membawa potensi kekacauan di masa depan.

4. Manifestasi Sosioekonomi Dari Transisi Entropik

Osilasi sistemik yang dijelaskan di atas tidak terbatas pada domain teknis; osilasi tersebut memiliki ekspresi sosial dan politik yang mendalam. Transisi entropik bermanifestasi sebagai fragmentasi sosial, ketidaksetaraan, dan hilangnya legitimasi, yang semuanya merupakan gejala dari sistem yang basis material dan informasinya tidak lagi dapat mempertahankan janji-janji ketertiban.

Selama fase perluasan berlebihan, ketika klaim keuangan berkembang lebih cepat daripada kapasitas material, kekayaan menjadi semakin terkonsentrasi dan simbolis; pada saat yang sama, lembaga-lembaga yang pernah menjadi penengah kohesi sosial kehilangan kredibilitas. Polarisasi politik dan disorientasi budaya adalah padanan sosiologis dari meningkatnya kebisingan informasi. Sebaliknya, fase reorganisasi sering bertepatan dengan integrasi sosial yang diperbarui - lembaga, narasi, dan teknologi baru yang membangun kembali koherensi sistemik. Namun integrasi ini tetap bergantung pada kelangsungan energi yang diperbarui: tanpa peningkatan EROEI yang mendasarinya, stabilitas sosial tidak dapat bertahan. Reproduksi material masyarakat adalah penentu utama kapasitasnya untuk ketertiban.

Batasan Percepatan

Kondisi kontemporer ditandai dengan percepatan aliran informasi dan keuangan yang belum pernah terjadi sebelumnya relatif terhadap transisi energi. Infrastruktur digital berkembang secara eksponensial, tetapi basis energi yang mendasarinya - pembangkitan, penyimpanan, dan transmisi energi terbarukan - hanya berkembang secara bertahap. Kesenjangan yang semakin besar ini menghasilkan apa yang dapat disebut sebagai jebakan percepatan: subsistem informasi dan keuangan sistem menghasilkan perubahan lebih cepat

daripada kemampuan substrat energi untuk beradaptasi, memperkuat entropi alih-alih mengurangnya.

Percepatan tanpa surplus energi menghasilkan pengembalian sistemik yang semakin berkurang. Kelebihan informasi dan volatilitas keuangan kapitalisme kontemporer dengan demikian menandakan kelelahan rezim energi yang EROEI-nya menurun bahkan ketika metabolisme informasinya meningkat. Kelangsungan hidup tatanan sistemik di masa depan bergantung pada apakah transisi digital-terbarukan dapat keluar dari jebakan ini, apakah transisi tersebut dapat memulihkan sinkronisasi antara energi, informasi, dan keuangan.

5. Transformasi Sebagai Pembaruan Nегentropik

Osilasi sistemik, kemudian, bukanlah kegagalan tetapi ekspresi pembaruan diri. Setiap fase krisis menyediakan kondisi bagi munculnya tatanan negentropik baru: runtuhnya institusi lama melepaskan energi dan informasi untuk reorganisasi. Tantangan bagi setiap masyarakat adalah menyalurkan pembaruan ini menuju reproduksi berkelanjutan daripada entropi yang destruktif.

Kerangka kerja SEV–Leontief–Finance menawarkan lensa yang melaluinya transformasi dapat dipahami bukan sebagai serangkaian koreksi pasar, tetapi sebagai penyeimbangan termodinamika sistemik: upaya terus-menerus untuk menyelaraskan aliran energi, informasi, dan keuangan dengan cara yang mempertahankan tatanan yang layak. Irama gelombang panjang sejarah adalah denyutan dari upaya tersebut.

6. Kontingensi, Ketidakpastian, Dan Batasan Adaptasi

Dialektika antara entropi dan negentropi tidak diatur oleh kebutuhan deterministik tetapi oleh kemungkinan kontingen. Apakah suatu sistem berhasil bertransisi dari rezim energi yang menurun ke rezim dengan kelangsungan hidup yang lebih tinggi bergantung pada kapasitas informasional, institusional, dan sosialnya untuk beradaptasi. Pergerakan dari penurunan ke pembaruan tidak dijamin atau simetris; hal itu dimediasi oleh ketidakpastian, kesalahan, dan konflik.

Pada prinsipnya, penurunan EROEI (Energy Return on Energy Invested/Pengurangan Biaya Energi yang Dihasilkan) seharusnya memicu inovasi dan reorganisasi. Namun dalam praktiknya, transisi tersebut dibatasi oleh tiga kondisi yang saling terkait:

1. Ketidakpastian Radikal - Lanskap energi dan teknologi masa depan tidak dapat diketahui sebelumnya. Pengambilan keputusan dalam kondisi ketidakpastian tersebut pada dasarnya terbatas, dibentuk oleh ekspektasi dan heuristik daripada pandangan ke depan yang tepat. Hal ini menjadikan adaptasi sistemik sebagai proses perabaan evolusioner daripada optimasi. Kesalahan, permulaan yang salah, dan ketergantungan jalur tidak dapat dihindari;
2. Keterbatasan Epistemik - Pengetahuan tentang sistem kompleks dan nonlinier selalu parsial. Biaya informasi untuk memodelkan dan mengelola transformasi sistemik meningkat tajam seiring dengan semakin dalamnya saling ketergantungan. Asimetri pemahaman yang dihasilkan berarti bahwa koordinasi seringkali tertinggal dari realitas material - entropi informasi melemahkan atau setidaknya menunda adaptasi tepat waktu; dan

3. Kepentingan Pribadi dan Kelembaman Institusional - Struktur kekuasaan yang ada, yang dibangun di sekitar rezim energi dan informasi yang berlaku, menolak transformasi. Modal yang terikat pada infrastruktur lama, paradigma kognitif, dan hierarki sosial bertindak sebagai koefisien hambatan pada adaptasi sistemik. Ekonomi politik transisi karenanya bersifat konfliktual: negentropi harus mengatasi tidak hanya disipasi termodinamik tetapi juga gesekan institusional.

Oleh karena itu, hasil dari setiap transformasi tidak ditentukan sebelumnya oleh kebutuhan fisik. Hal itu bergantung pada apakah masyarakat dapat memobilisasi informasi yang cukup dan kemauan kolektif untuk mengkonfigurasi ulang basis energi mereka tepat waktu. Kegagalan untuk melakukannya tidak mengarah pada kelangsungan hidup pada tingkat tatanan yang lebih rendah, tetapi pada keruntuhan entropi - erosi koherensi di seluruh sirkuit produksi, pertukaran, dan makna. Dengan cara ini, dialektika entropi-negentropi dalam sistem sosial paling baik dipahami sebagai pengorganisasian diri yang bergantung secara historis di bawah kendala: proses terbuka di mana kolektif manusia mencoba untuk mempertahankan kelangsungan hidup aliran dalam alam semesta yang terus-menerus cenderung menuju disipasi.

4.9 RINGKASAN

Sistem SEV–Leontief–Keuangan diformalkan melalui tujuh hubungan yang saling terkait yang menggambarkan bagaimana energi, informasi, dan keuangan berinteraksi untuk mempertahankan atau mengikis kelangsungan sistemik. Persamaan-persamaan ini bukanlah hukum deterministik tetapi hubungan bersyarat dalam sistem terbuka dan adaptif.

(1) Dinamika Koherensi Aliran

$$\dot{C} = \alpha_C(\Phi - \beta_S S) - \delta_C C$$

Interpretasi: \dot{C} mengukur kelancaran dan kelayakan sirkulasi sistemik - tingkat di mana energi, material, dan informasi mengalir secara koheren melalui sirkuit ekonomi.

- Φ mewakili potensi negentropik sistem: kapasitas gabungan energi, informasi, dan keuangan untuk mempertahankan aliran yang layak;
- S menunjukkan entropi — gesekan dan inefisiensi yang terakumulasi yang mengganggu sirkulasi; dan
- Istilah α_C mengukur responsivitas koherensi terhadap perubahan potensi negentropik; $\delta_C C$ menyatakan peluruhan alami koherensi dari waktu ke waktu.

Persamaan ini memformalkan metabolisme termodinamika ekonomi: koherensi meningkat ketika potensi negentropik melebihi kerugian disipatif, dan menurun sebaliknya.

(2) Dinamika Energi

$$\dot{E} = \rho_I I(E_{max} - E) - \delta_E E - c_E Y - c_{info}(M, N)$$

Interpretasi: Ini menggambarkan evolusi ketersediaan energi yang dapat digunakan $E(t)$:

- I adalah intensitas inovasi, yang memperluas basis energi yang dapat diakses hingga batas fisik E_{max} ;
- $\Delta_E E$ mencerminkan penipisan atau inefisiensi infrastruktur;
- $c_E Y$ mewakili energi yang dikonsumsi dalam produksi; dan
- $C_{info}(M, N)$ adalah biaya energi untuk mempertahankan metabolisme informasi (pemrosesan informasi yang layak M dan noise N).

Sistem tetap layak ketika energi bersih yang dapat digunakan tetap positif - yaitu, ketika EROEI (pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan) yang efektif untuk sistem melebihi satu.

(3) Metabolisme Informasi

$$\begin{aligned} M' &= \eta_I I - \mu_M M \\ N' &= \theta_I I - \gamma_N N + \lambda_F F \end{aligned}$$

Interpretasi: Kedua hubungan ini menggambarkan subsistem informasi sebagai proses metabolisme:

- $M(t)$: informasi yang layak - pengetahuan dan koordinasi yang meningkatkan aliran sistemik; dan
- $N(t)$: informasi yang tidak layak - kebisingan dan redundansi yang menghabiskan energi tanpa meningkatkan koherensi.

Inovasi I menghasilkan keduanya, tetapi proporsinya berbeda menurut koherensi sistemik dan kondisi keuangan. Keuangan (F) cenderung memperkuat kebisingan ($\lambda_F F$), terutama dalam fase spekulatif atau yang terlalu berlebihan. Kelayakan informasi - rasio informasi terhadap kebisingan - menentukan apakah metabolisme informasi sistem mempertahankan atau melemahkan aliran.

(4) Dinamika Keuangan

$$F' = s(\Pi) + r_f F - \gamma_F F$$

Interpretasi: Keuangan mewakili negentropi yang diantisipasi: klaim simbolis atas potensi produktif masa depan.

- $s(\Pi)$: laba yang diinvestasikan kembali (hubungan nyata antara produksi dan keuangan);
- $r_f F$: pengembalian atas aset keuangan (ekspansi melalui kredit dan kapitalisasi); dan
- $\gamma_F F$: devaluasi atau krisis keuangan (runtuhnya modal fiktif).

Ketika akumulasi keuangan tetap terikat pada kapasitas energi dan informasi nyata, ia mendukung koherensi sistemik. Ketika ia meluas melampaui kapasitas tersebut, ia menggembungkan klaim simbolis yang terlepas dari kenyataan, meningkatkan entropi dan kerapuhan.

(5) Inovasi Dan Adaptasi

$$\dot{I} = \sigma_E(E) - \gamma_I I + \phi_F(F)$$

Interpretasi: Intensitas inovasi $I(t)$ berkembang melalui tiga umpan balik:

- $\sigma_E(E)$: ketersediaan energi memungkinkan inovasi (surplus yang lebih tinggi mendukung eksperimen);
- $-\gamma_I I$: hasil yang semakin berkurang dari inovasi atau inersia institusional; dan
- $\phi_F(F)$: stimulus keuangan - kredit dan investasi memungkinkan perubahan teknologi.

Hubungan ini menghubungkan basis energi dan superstruktur keuangan melalui inovasi: energi memungkinkan penemuan; keuangan mempercepatnya. Namun, amplifikasi keuangan yang berlebihan dapat menghasilkan inovasi yang tidak layak - lebih banyak kebisingan daripada produktivitas.

(6) Akumulasi Entropi

$$\dot{S} = \psi_Y Y + \theta_N N - \kappa_C C - \delta_S S$$

Interpretasi: Entropi $S(t)$ mengukur gesekan sistemik - energi yang terbuang, sumber daya yang salah alokasi, dan kelebihan informasi:

- $\psi_Y Y$: entropi yang dihasilkan oleh throughput produksi;
- $\theta_N N$: entropi yang dihasilkan oleh informasi yang tidak layak;
- $\kappa_C C$: pengurangan entropi yang dicapai melalui aliran koheren (pemeliharaan negentropik); dan
- $\delta_S S$: disipasi alami atau peluruhan kekacauan yang terakumulasi.

Entropi bukan sekadar kekacauan tetapi hambatan aliran: ia menangkap degradasi kelayakan sistemik.

(7) Koping Masukan–Keluaran Sistemik (Struktur Leontief)

$$X = (I - A)^{-1}y$$

Interpretasi: Ini mengungkapkan saling ketergantungan antar sektor - topologi tempat energi, material, dan informasi beredar.

- A adalah matriks koefisien teknis a_{ij} input dari sektor j yang dibutuhkan oleh sektor i ;
- y adalah permintaan akhir; dan
- $(I - A)^{-1}$ - kebalikan Leontief - mewakili pengali aliran: bagaimana perubahan permintaan atau efisiensi di satu bagian jaringan menyebar ke seluruh sistem.

Dalam istilah SEV, ini adalah peta sirkulasi sistem: infrastruktur penyebaran negentropi dan transmisi entropi. Di sinilah dinamika E, M, N, F, C, S terwujud secara material melalui produksi dan pertukaran. Matriks Leontief dengan demikian mewakili topologi sirkulasi ekonomi - infrastruktur tempat negentropi dan entropi menyebar.

Integrasi Konseptual

Bersama-sama, persamaan-persamaan ini menggambarkan sistem aliran yang mengatur diri sendiri:

- Potensi pasokan energi;
- Informasi mengatur dan mengkoordinasikan potensi tersebut;
- Keuangan memproyeksikannya dari waktu ke waktu;
- Koherensi aliran muncul sebagai keseimbangan dinamis dari subsistem-subsistem ini;
- Entropi terakumulasi setiap kali biaya energi dan informasi untuk mempertahankan aliran melebihi kapasitas sistem untuk pembaruan; dan
- Matriks Leontief menyediakan media struktural di mana semua dinamika ini terwujud dan berinteraksi.

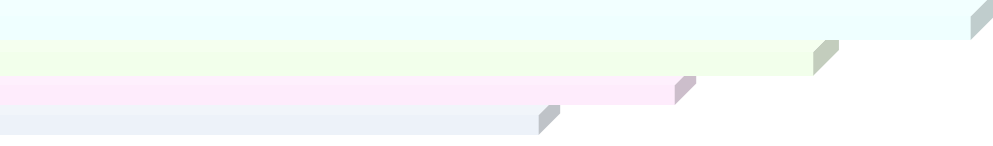
Setiap persamaan bukanlah domain terpisah tetapi merupakan aspek dari satu proses metabolisme tunggal - reproduksi berkelanjutan dari aliran yang layak di seluruh sirkuit produksi, distribusi, dan pertukaran. Transformasi sistemik (osilasi tipe Kondratiev) muncul dari kopling nonlinier di antara subsistem-subsistem ini: energi membatasi inovasi; inovasi membentuk kembali informasi dan keuangan; keuangan memperkuat atau mendestabilisasi koherensi; dan topologi jaringan menentukan bagaimana guncangan dan pemulihan menyebar.

Hubungan-hubungan ini bersama-sama menggambarkan sistem aliran adaptif dan reflektif, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Properti Subsistem

Subsistem	Fungsi	Ancaman
Energi (E)	Menyediakan potensi material	Penipisan / EROEI rendah
Informasi (M, N)	Mengkoordinasikan dan menstrukturkan aliran	Kebisingan / kelebihan beban
Keuangan (F)	Memproyeksikan negentropi sepanjang waktu dengan memobilisasi sumber daya energi	Pemisahan kecepatan / modal fiktif
Inovasi (I)	Mendorong adaptasi	Percepatan berlebih yang tidak layak
Koherensi (C)	Ukuran kelayakan yang muncul	Akumulasi entropi (S)

Setiap elemen berinteraksi secara nonlinier: energi membatasi inovasi; inovasi membentuk kembali informasi dan keuangan; keuangan memperkuat atau melemahkan koherensi. Matriks Leontief mengikatnya melalui saling ketergantungan antar sektor, mendefinisikan bagaimana perubahan lokal menyebar ke seluruh sistem. Transformasi sistemik - ritme gelombang panjang sejarah - muncul dari keterkaitan ini. Ketika umpan balik negentropik mendominasi, koherensi aliran dan reproduksi yang layak meluas. Ketika entropi berlebihan, sistem menyusut atau mengatur ulang. Evolusi ekonomi dengan demikian



merupakan proses berkelanjutan dari *penyesuaian termodinamika refleksif*: perjuangan untuk menjaga agar sirkuit kehidupan mengalir lancar di dunia yang entropik.

BAB 5

DINAMIKA INFORMASI & TERMODINAMIKA SISTEM

5.1 PENDAHULUAN

Sejak *Teori Komunikasi Matematika* Claude Shannon, ortodoksi yang berlaku telah memperlakukan informasi sebagai sesuatu yang secara inheren anti-entropik. Wawasan Shannon - bahwa ketidakmungkinan suatu sinyal sama dengan kandungan informasinya - telah memberikan dasar bagi teori komunikasi, sibernetika, dan bahkan beberapa cabang ekonomi. Informasi dibingkai sebagai penawar terhadap kekacauan, sumber daya yang memungkinkan koordinasi, kontrol, dan efisiensi. Namun, pemingkai ini mengandung titik buta. Shannon secara eksplisit mengesampingkan makna informasi, dan lebih fokus pada sifat-sifat statistiknya. Apa yang tidak dapat ditangkap oleh kerangka kerjanya adalah realitas termodinamika bahwa informasi tidak pernah gratis. Dibutuhkan energi untuk menciptakan, memproses, mengedarkan, dan menyimpan informasi, dan energi ini berasal dari aliran sistemik yang terbatas.

Dalam praktiknya, ini berarti bahwa informasi dapat bersifat layak - mempertahankan atau memperluas negentropi sistemik - atau tidak layak, mengonsumsi lebih banyak energi daripada utilitas yang dihasilkannya. Jika demikian, maka tidak semua informasi bersifat anti-entropik. Bahkan, beberapa aliran informasi mempercepat entropi, melemahkan ketahanan sistemik daripada mendukungnya. (Berita palsu adalah contohnya; atau sekadar kelebihan data di luar kebutuhan.) Untuk memperjelas perbedaan ini, kita dapat meminjam logika pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI). Untuk informasi, dua rasio paralel dapat didefinisikan:

- $EROEI_p$ – Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan dalam produksi: biaya energi untuk menghasilkan, mengirimkan, menyimpan, dan menggunakan informasi; dan
- $EROEI_u$ – Pengembalian Energi atas Energi yang Diinvestasikan dalam utilitas: surplus energi sistemik atau negentropi yang dihasilkan oleh informasi ketika digunakan secara efektif.

Informasi layak ketika $EROEI_u \geq EROEI_p$, dan tidak layak ketika $EROEI_p > EROEI_u$. Ini membalikkan klaim Shannon: tidak semua sinyal dengan probabilitas rendah itu berharga. Yang penting adalah apakah informasi berkontribusi positif terhadap nilai tukar sistemik, yang dipahami secara termodinamika.

Bab ini menguraikan pokok-pokok argumen tersebut. Bab ini mendefinisikan kelayakan informasi, mengilustrasikan biaya kelebihan produksi informasi, mengeksplorasi konteks informasi yang layak, dan mengusulkan metrik untuk akuntansi termodinamika informasi. Bab ini diakhiri dengan mempertimbangkan implikasi bagi teori, kebijakan, dan praktik.

5.2 TERMODINAMIKA, INFORMASI, DAN NILAI TUKAR SISTEMIK

Titik berangkatnya adalah pengakuan bahwa semua sistem kompleks dibatasi oleh hukum kedua termodinamika. Struktur bertahan dengan menarik energi dari luar, mengatur aliran menjadi kerja yang bermanfaat, dan mengeksport entropi ke lingkungan. Seperti yang dikemukakan Nicholas Georgescu-Roegen, proses ekonomi adalah perluasan dari logika termodinamika ini: produksi adalah transformasi sumber daya berentropi rendah menjadi limbah berentropi tinggi. SEV (Systemic Exchange Value) dibangun di atas wawasan ini dengan mendasarkan nilai pada aliran energi di seluruh batas sistemik. Nilai, baik yang dimanifestasikan dalam bentuk moneter atau modal fiktif (nilai tukar) atau yang diwujudkan dalam barang atau jasa material (nilai guna), adalah manifestasi energi yang dimobilisasi untuk reproduksi dan transformasi. Dengan demikian, nilai tukar mencerminkan kapasitas sistemik untuk mengelola dan mengarahkan aliran energi menuju tujuan negentropik.

Informasi termasuk dalam domain ini. Ini bukan substansi immaterial tetapi proses energi. Pertimbangkan rantai lengkap untuk produksi dan sirkulasi informasi:

- **Generasi:** sensor, komputasi, observasi, dan pengukuran semuanya didukung oleh masukan energi. Banyak dari aktivitas ini juga memanfaatkan nilai guna, yang merupakan energi yang terkandung (misalnya, sensor);
- **Validasi:** agar informasi berguna dalam konteks tertentu, informasi tersebut disortir melalui berbagai proses yang bergantung pada konteks. Semua ini melibatkan pengerahan energi, baik melalui komputer yang melakukan beberapa bentuk verifikasi kalkulatif atau oleh manusia yang melakukan pekerjaan audit dan pengecekan;
- **Penyimpanan:** media fisik (disk, server, pita magnetik), semuanya diperlukan untuk menyimpan data dan ini dipelihara di pusat data yang intensif energi;
- **Sirkulasi:** jaringan tembaga, serat optik, satelit, router, dan stasiun pangkalan, semuanya menggunakan listrik dan dengan sendirinya juga merupakan bentuk energi yang tertanam; dan
- **Penggunaan:** baik melalui kognisi manusia (secara metabolik mahal) atau pemrosesan algoritmik (secara komputasi mahal), data "memasuki sirkulasi sosial dan ekonomi" melalui pengerahan energi. Sekali lagi, ini adalah bentuk pekerjaan.

Informasi itu sendiri adalah sistem rantai pasokan. Jejak material informasi sangat besar. Sektor TIK global sudah mengonsumsi 8–10% listrik global dan terus meningkat, dengan pelatihan model AI saja membutuhkan energi yang setara dengan konsumsi seumur hidup ratusan rumah tangga. Implikasi energi dan sistemik dari informasi paling terlihat seiring dengan berkembangnya kecerdasan buatan. Saya akan kembali membahas masalah ini secara khusus dalam konteks AI dengan karakteristik Tiongkok dan Amerika di Bagian 3.

Untuk saat ini, kita dapat mencatat bahwa dari perspektif SEV, informasi dalam arti tertentu hanyalah bentuk lain dari investasi energi. Seperti modal tetap, informasi harus diuji kelayakannya. Perannya dalam reproduksi sistemik tidak otomatis: informasi dapat mempertahankan negentropi atau mempercepat entropi tergantung pada keseimbangan biaya dan pengembalian energi.

5.3 DEFINISI TERMODINAMIKA

Dengan dasar ini, kita dapat mendefinisikan kelayakan informasi dalam istilah termodinamika, yaitu:

- Informasi yang Layak: di mana potensi utilitas ($EROEI_u$) informasi, yang diukur sebagai energi surplus atau negentropi sistemik yang dihasilkannya, lebih besar dari atau sama dengan biaya produksi ($EROEI_p$) untuk menghasilkan, menyimpan, dan menggunakannya; dan
- Informasi yang Tidak Layak: di mana $EROEI_p > EROEI_u$. Sistem menginvestasikan lebih banyak energi dalam menghasilkan informasi daripada yang dapat diperolehnya kembali dalam hal surplus atau koordinasi.

Formulasi ini sejajar dengan analisis EROEI dalam studi energi. Sama seperti sumber daya energi menjadi tidak layak ketika biaya ekstraksi melebihi pengembalian, demikian pula informasi ketika beban energinya melebihi kontribusi sistemiknya. Perspektif ini juga membingkai ulang teori Shannon. Informasi Shannonian tidak peduli dengan makna; ia mengukur ketidakmungkinan sinyal. Tetapi dari sudut pandang termodinamika, makna itu penting, karena hanya informasi yang berkontribusi pada kelayakan sistemik yang memiliki nilai. Sinyal dengan probabilitas rendah yang mengonsumsi energi yang sangat besar tanpa kegunaan sistemik lebih buruk daripada tidak berguna: sinyal tersebut merupakan beban entropi.

Norbert Wiener, dalam bidang sibernatika, menyinggung hal ini ketika ia menggambarkan informasi sebagai "entropi negatif." Namun Wiener, seperti Shannon, sering menganggap informasi memiliki kualitas anti-entropi tanpa memperhitungkan termodinamika. Wawasan Georgescu-Roegen - bahwa sistem ekonomi adalah proses entropi - membantu menutup kesenjangan tersebut. Informasi bersifat anti-entropi hanya jika kondisi kelayakannya terpenuhi.

5.4 BIAYA KELEBIHAN PRODUKSI INFORMASI

Masyarakat modern menunjukkan risiko informasi yang tidak layak, bahkan ketika sistem berupaya untuk memperluas ketersediaan dan kelayakan informasi itu sendiri. Infrastruktur TIK dan pusat data berkembang dengan cepat. Produksi data global meningkat dua kali lipat setiap dua tahun. Namun, dapat dikatakan bahwa sebagian besar (atau setidaknya proporsi yang cukup besar) data ini berlebihan atau memiliki kegunaan minimal. Namun, biaya energinya sangat besar: pendinginan, server, dan transmisi secara kolektif menggunakan lebih banyak listrik daripada banyak negara. Ketika penyimpanan foto, email spam, atau data telemetri yang tidak digunakan dalam jumlah besar dipertahankan dengan biaya energi yang tinggi, informasi menjadi beban entropi.

Kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin disebut-sebut sebagai batas kemampuan berbasis informasi berikutnya. Sekilas, AI dan pembelajaran mesin pada dasarnya bersifat negentropik dalam istilah Shannon. Namun, ini belum tentu demikian. Melatih satu model bahasa besar dapat menghasilkan ratusan ton CO₂ dan mengonsumsi gigawatt-jam listrik. Kegunaan model-model ini bervariasi: sementara beberapa menghasilkan terobosan ilmiah

atau medis, yang lain digunakan untuk aplikasi sepele. Tanpa penilaian sistemik, risikonya adalah $EROEI_p$ jauh lebih besar daripada $EROEI_u$. Dengan kata lain, AI dan pembelajaran mesin berpotensi menjadi entropik.

Pasar keuangan adalah contoh lain dari risiko entropi informasi. Perdagangan frekuensi tinggi merupakan contoh informasi fiktif. Arbitrase mikrodetik membutuhkan infrastruktur komputasi yang sangat besar, tetapi manfaat sistemiknya dapat diabaikan. Biaya energi jauh melebihi keuntungan koordinasi, jika ada. Memang, perdagangan semacam itu seringkali meng destabilisasi pasar, memperkenalkan volatilitas entropi. Kita dapat melangkah lebih jauh. Mengingat sifat dinamis gelombang panjang SEV, dan sentralitas kelebihan kemampuan termodinamika keuangan, perluasan pasar modal fiktif yang dipercepat dan sirkulasi nilai tukar melalui saluran-saluran ini sebenarnya merupakan inti dari ketidaklayakan sistemik dan risiko krisis.

Entropi informasi juga terlihat dalam perluasan media sosial dan apa yang disebut ekonomi perhatian. Penyebaran sinyal media sosial menghasilkan biaya energi yang sangat besar - bayangkan server, jaringan transmisi data, dan perangkat, belum lagi perhatian manusia. Namun, kegunaan sistemiknya dipertanyakan, terutama ketika informasi yang salah atau desain yang adiktif merusak koordinasi. Di sini, informasi yang tidak layak bermanifestasi sebagai kebisingan yang mengikis koherensi sosial sambil mengonsumsi energi dalam skala besar. Kasus-kasus ini menggarisbawahi prinsip: throughput informasi tidak sama dengan negentropi. Di luar titik tertentu, lebih banyak informasi hanyalah lebih banyak entropi.

5.5 NEGENTROPI DAN POTENSI UTILITAS INFORMASI

Diimbangi oleh kegagalan-kegagalan ini, terdapat kasus-kasus paradigmatik dari informasi yang layak. Pertimbangkan, misalnya, hal berikut. Dalam pemantauan pertanian dan lingkungan, data satelit tentang kelembaban tanah atau deforestasi memungkinkan intervensi yang mempertahankan atau merehabilitasi sistem ekologis. Di sini lagi, masukan informasi membuka negentropi sistemik di berbagai skala. Dalam logistik dan rantai pasokan, informasi dapat melakukan pekerjaan negentropi tingkat tinggi. Sistem barcode, tag RFID, dan sensor IoT dapat menyediakan aliran data sederhana yang secara dramatis mengurangi pemborosan dan inefisiensi. Energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan dan memproses informasi ini secara umum kecil dibandingkan dengan surplus yang dihemat. Informasi yang layak dapat berdampak positif pada koefisien produksi dalam jaringan rantai pasokan, menghasilkan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ yang lebih tinggi. Seperti yang telah saya bahas dalam buku *China, Trust and Digital Supply Chains*, dan akan saya uraikan lebih lanjut di bawah ini, peningkatan kelayakan informasi dapat memainkan peran penting dalam mengurangi kecenderungan percepatan modal fiktif dan perluasan sirkulasi dengan efek stabilisasi sistemik. Dengan demikian, dalam konteks rantai pasokan, informasi dapat bersifat negentropik dengan meningkatkan EROEI dalam produksi dan sirkulasi, serta meredam pendorong sistemik menuju percepatan pembiayaan dan ekspansi modal fiktif. Seberapa banyak data yang dibutuhkan untuk aktivitas logistik dan rantai pasokan yang layak bergantung pada sejumlah hal, termasuk

nilai tukar barang atau jasa yang bersangkutan, pentingnya strategis atau signifikansi suatu sumber daya atau peristiwa, dan lain sebagainya.

Perawatan kesehatan dan kedokteran juga merupakan potensi tempat kelayakan informasi dan potensi negentropik. Informasi diagnostik - pemindaian pencitraan, tes darah, data genomik - mengkonsumsi energi tetapi menghasilkan negentropi yang menyelamatkan jiwa. Deteksi dini penyakit mengurangi biaya sistemik dan mempertahankan kapasitas produktif. Demikian pula, dalam pekerjaan penemuan ilmiah dan rekayasa, energi yang diinvestasikan dalam penelitian dan eksperimen dapat menghasilkan pengembalian yang berkali-kali lipat dalam surplus energi. Pengembangan fotovoltaik, misalnya, membutuhkan investasi informasi yang sederhana dibandingkan dengan surplus energi terbarukan yang saat ini diproduksi secara global. Penelitian dan pengembangan berkelanjutan terhadap teknologi pembangkit dan penyimpanan energi lainnya berpotensi memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan positif viabilitas informasi, sama seperti peningkatan antarmuka perangkat keras-perangkat lunak dan peningkatan algoritma perhitungan atau komputasi dapat memengaruhi koefisien produksi informasi.

Kasus-kasus ini menggambarkan rasio $EROEI_u / EROEI_p$ yang tinggi: investasi energi yang relatif kecil dalam informasi menghasilkan pengembalian sistemik yang besar.

5.6 SKALA, TEMPORALITAS, DAN INTERAKSI

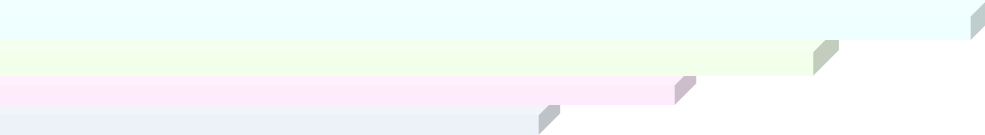
Kelayakan bukanlah sesuatu yang tetap tetapi kontekstual. Tiga dimensi tambahan membantu mempertajam kerangka kerja. Informasi mungkin layak pada satu skala tetapi tidak layak pada skala lain. Misalnya, sensor cuaca lokal mungkin memiliki biaya energi rendah dan utilitas tinggi bagi petani, tetapi jika diagregasikan pada skala global, penyimpanan data yang berlebihan dapat membebani keuntungan.

Informasi mungkin memiliki utilitas langsung yang rendah tetapi nilai jangka panjang yang tinggi. Data arsip, misalnya, dapat membuka potensi keuntungan negentropik di masa depan (catatan iklim yang memungkinkan pemodelan jangka panjang). Oleh karena itu, menilai kelayakan membutuhkan pandangan ke depan temporal, yang juga dapat memengaruhi pertanyaan tentang penskalaan kelayakan. Data iklim dapat berkontribusi pada pemodelan jangka panjang. Informasi juga dapat digunakan lebih dari sekali, dan mekanisme yang memungkinkan hal tersebut dapat menjadi tambahan yang berharga untuk mengaktifkan "ekonomi informasi".

Informasi yang tidak layak dapat menyingkirkan informasi yang layak. Di pasar keuangan, sinyal fiktif dapat mendistorsi penemuan harga, merusak informasi yang benar-benar bermanfaat. Di media sosial, kebisingan dapat menenggelamkan komunikasi yang memungkinkan koordinasi. Dimensi-dimensi ini menunjukkan bahwa kelayakan harus dinilai secara sistematis, bukan hanya pada tingkat aliran informasi yang terisolasi.

5.7 RINGKASAN

Asumsi yang berlaku bahwa informasi pada dasarnya anti-entropik tidak dapat dipertahankan. Informasi bersifat energik, dan tidak semua informasi mendukung reproduksi



sistemik. Dengan membedakan antara $EROEI_p$ dan $EROEI_u$, kita dapat mendefinisikan viabilitas informasi sebagai kondisi di mana informasi berkontribusi positif terhadap nilai tukar sistemik. Kerangka kerja ini membalikkan pandangan Shannon: ketidakmungkinan saja tidak cukup. Yang penting adalah apakah informasi mendukung negentropi atau mengurasnya. Tantangan di depan bukanlah untuk memaksimalkan throughput informasi tetapi untuk memprioritaskan informasi yang layak dan meminimalkan proliferasi entropi. Dalam pengertian ini, ekonomi politik masa depan tidak akan bergantung pada "kelimpahan informasi" tetapi pada viabilitas informasi.

BAB 6

REALISASI LABA & LIKUIDITAS SISTEM

6.1 PENDAHULUAN

Dalam ekonomi produksi moneter yang diatur oleh uang endogen, laba tidak dapat dipahami hanya sebagai hasil dari aktivitas produktif atau pembangkitan surplus. Sebaliknya, laba adalah fenomena moneter; itu adalah klaim yang terealisasi atas nilai tukar yang beredar yang pada dasarnya bergantung pada suntikan likuiditas sistem yang baru. Namun, setelah kondisi ini terpenuhi, distribusi profitabilitas di berbagai sektor dan perusahaan dibentuk oleh kombinasi produktivitas fisik, akses posisi terhadap kredit, dan pengurusan struktural likuiditas ke dalam sirkuit modal fiktif.

Struktur sektor dan kekuatan pasar lebih lanjut mengkondisikan kemampuan perusahaan dominan untuk mengubah akses terhadap likuiditas menjadi aliran laba yang berkelanjutan. Di sisi lain persamaan, bisa dikatakan, adalah klaim upah atas persediaan likuiditas yang berkembang. Bab ini menguraikan kerangka kerja di mana laba agregat (dan pertumbuhan upah) membutuhkan suntikan likuiditas bersih, sementara distribusi laba mencerminkan interaksi kompleks dari asimetri material, moneter, dan kelembagaan.

6.2 KEUNTUNGAN SEBAGAI KLAIM ATAS LIKUIDITAS SISTEM

Dalam ekonomi di mana uang diciptakan secara endogen - terutama melalui pinjaman bank komersial dan melalui pengeluaran pemerintah - keuntungan muncul bukan sebagai sisa produksi itu sendiri, tetapi sebagai klaim yang dimonetisasi atas nilai tukar.

Dalam periode tertentu, keuntungan - dipahami sebagai nilai tukar surplus - hanya dapat direalisasikan jika modal uang yang cukup beredar secara aktif untuk menutupi biaya produksi dan untuk memvalidasi klaim surplus. Karena tidak semua likuiditas sistem bergerak pada titik waktu tertentu - beberapa modal uang tetap tidak aktif, terikat dalam cadangan, saldo menganggur, atau aset yang ditimbun - realisasi keuntungan membutuhkan likuiditas bersih baru untuk masuk ke dalam peredaran. Ini sering kali berbentuk ekspansi kredit baru, baik melalui pinjaman bank kepada perusahaan dan rumah tangga atau melalui pengeluaran defisit sektor publik.

Dengan demikian, secara agregat, keuntungan hanya dimungkinkan jika likuiditas baru disuntikkan ke dalam sistem melebihi jumlah yang diperlukan untuk mempertahankan produksi saat ini. Likuiditas ini harus mengkompensasi tidak hanya kebocoran dan penimbunan modal tetapi juga asimetri struktural dalam akses ke modal uang yang menjadi ciri khas ekonomi kapitalis.

Oleh karena itu, agar keuntungan dapat terwujud secara sistemik, likuiditas baru harus disuntikkan secara bersih, yaitu, melebihi volume yang dibutuhkan untuk mereproduksi produksi saat ini. Suntikan ini biasanya disalurkan melalui kredit bank komersial ke sektor swasta atau melalui pengeluaran fiskal oleh negara. Tanpa suntikan tersebut, perusahaan tidak

dapat secara kolektif mewujudkan potensi keuntungan yang dimonetisasi melalui sirkuit produksi dan sirkulasi, terlepas dari efisiensi teknis atau pertumbuhan produktivitas.

Dalam hal ini, keuntungan sistemik bukanlah fungsi dari surplus produksi itu sendiri, tetapi dari validasi moneter. Perspektif ini menekankan perlunya sirkulasi yang dimediasi kredit untuk melengkapi sirkuit $M-C-M'$. Kita dapat mengungkapkannya dengan cara lain: keuntungan muncul sebagai klaim berlebih atas kumpulan nilai tukar (likuiditas) yang terus bertambah, yang hanya dimungkinkan melalui suntikan modal uang bersih yang berkelanjutan.

6.3 MODAL TERPENDAM & KETERGANTUNGAN KREDIT

Mengingat keberadaan modal terpendam yang terus-menerus - yang dipegang sebagai aset keuangan, deposito menganggur, atau uang tunai yang ditimbun - terdapat kekurangan likuiditas yang melekat dalam sirkuit produktif. Kesenjangan ini berarti bahwa meskipun uang yang telah diciptakan sebelumnya ada dalam sistem, uang tersebut mungkin tidak tersedia untuk penggunaan langsung dalam pertukaran komoditas dan realisasi keuntungan.

Oleh karena itu, akumulasi modal dan realisasi keuntungan membutuhkan suntikan kredit bersih, yang cukup untuk memobilisasi aktivitas produktif, memfasilitasi pembayaran upah dan input, serta mendukung permintaan yang memungkinkan nilai surplus direalisasikan sebagai keuntungan moneter. Mekanisme ini juga menyoroti kerapuhan dinamika akumulasi. Ketika kredit melambat atau suntikan likuiditas menurun, keuntungan akan goyah, bukan karena kapasitas produktif telah berkurang, tetapi karena prasyarat moneter untuk realisasi telah lenyap.

Karena semua akumulasi modal menyiratkan reinvestasi (setidaknya sebagian) keuntungan (yaitu, nilai tukar memungkinkan produksi baru, yang mendorong surplus dan menciptakan nilai tukar baru), dan karena produksi nilai guna saja tidak menjamin konversinya menjadi keuntungan yang terealisasi (nilai tukar), sistem membutuhkan cara untuk 'mengkompensasi secara berlebihan' kebocoran dan modal yang tidak aktif. Jadi kita dapat mengatakan:

Keuntungan sistemik hanya dimungkinkan ketika penciptaan kredit melebihi stagnasi yang tersirat oleh modal uang yang tidak aktif.

Dengan kata lain, reproduksi hubungan kapitalis ($M - C - M'$) didasarkan pada perluasan kumpulan likuiditas yang tersedia untuk realisasi keuntungan, tetapi perluasan ini tidak dapat hanya mencerminkan modal yang ada; melainkan, harus melebihinya, atau sirkuit akan rusak dalam krisis kekurangan konsumsi atau kelebihan produksi. Secara skematis, kita dapat menggambarkan prosesnya sebagai berikut:

1. Keadaan Awal: Modal uang yang ada (M_0) sebagian tidak aktif, sebagian beredar;
2. Injeksi Kredit (ΔM_1): Kredit komersial/pemerintah baru meningkatkan likuiditas yang beredar;
3. Produksi ($C \rightarrow C'$): Nilai guna yang dihasilkan, mengantisipasi realisasi melalui penjualan;

4. Pertukaran ($C' \rightarrow M'$): Realisasi surplus bergantung pada ketersediaan M yang cukup dalam peredaran;
5. Keuntungan ($M' - M$): Direalisasikan hanya jika $\Delta M_1 > \Delta D$ (di mana ΔD = perubahan modal yang tidak aktif);
6. Reinvestasi atau Penimbunan: Keuntungan yang direalisasikan kembali masuk ke peredaran atau menjadi modal yang tidak aktif; dan
7. Siklus Berulang: Setiap putaran bergantung pada injeksi kredit bersih baru yang berkelanjutan untuk menjaga sistem tetap solvent dan berkembang.

6.4 PRODUKTIVITAS DAN DISTRIBUSI KEUNTUNGAN

Setelah kondisi tingkat sistem untuk keuntungan terpenuhi (yaitu, suntikan likuiditas yang cukup), distribusi keuntungan di berbagai sektor sebagian bergantung pada perbedaan produktivitas material. Perusahaan atau sektor yang dapat menghasilkan lebih banyak output per unit input, pada prinsipnya, berada pada posisi yang lebih baik untuk menangkap bagian yang lebih besar dari surplus moneter yang tersedia, asalkan output tersebut dapat dijual dan dimonetisasi.

Hal ini memperkuat pandangan klasik bahwa produktivitas mendasari daya saing. Namun, dalam kerangka SEV, produktivitas adalah variabel pengkondisian, bukan variabel yang cukup. Artinya, suatu perusahaan dapat sangat produktif secara fisik tetapi tetap gagal mewujudkan keuntungan yang tinggi jika tidak dapat memperoleh akses ke modal uang yang beredar; atau, jika menghadapi margin yang ketat karena persaingan yang ketat dan daya tawar yang lemah.

Dengan cara ini, produktivitas menentukan surplus potensial, tetapi keuntungan aktual bergantung pada akses ke modal uang dan kekuatan posisi dalam sirkuit aliran moneter.

6.5 MODAL FIKTIF DAN PENGURASAN LIKUIDITAS

Dalam ekonomi yang terfinansialisasi, semakin banyak likuiditas sistem yang tidak digunakan untuk reproduksi nilai guna, tetapi diserap oleh sirkuit modal fiktif. Sirkuit ini terdiri dari aset keuangan (misalnya saham, obligasi, real estat, derivatif) yang mewakili klaim atas nilai guna di masa depan tetapi tidak sesuai secara langsung dengan produksi barang dan jasa saat ini (nilai guna).

Ketika likuiditas dialihkan ke sirkuit fiktif, kecepatan peredaran uang dalam ekonomi riil melambat, dan sektor produktif mungkin menghadapi illiquiditas relatif, terlepas dari efisiensi teknisnya. Inflasi harga aset dapat menghasilkan keuntungan di atas kertas bagi pelaku keuangan, tetapi tidak menyelesaikan kebutuhan akan modal uang beredar di sektor-sektor yang terlibat dalam produksi barang dan jasa.

Akibatnya, kondisi moneter yang diperlukan untuk realisasi keuntungan dalam ekonomi produktif memburuk, bahkan ketika kekayaan yang tampak meningkat di pasar aset. Ini menciptakan kerapuhan struktural: ekspektasi keuntungan dipertahankan oleh suntikan kredit yang semakin besar, tetapi sebagian besar likuiditas ini diserap oleh pasar keuangan daripada diedarkan melalui produksi dan konsumsi.

6.6 STRUKTUR SEKTOR DAN KEKUATAN PASAR

Penentu lebih lanjut dari distribusi keuntungan adalah struktur sektoral, khususnya, tingkat konsentrasi pasar dan sejauh mana perusahaan memiliki kekuatan penetapan harga atau kendali atas arus keuangan. Di sektor oligopoli atau monopoli, perusahaan dominan secara struktural diuntungkan dalam beberapa hal. Mereka dapat menetapkan harga di atas biaya (penetapan harga markup). Mereka memiliki akses langsung ke pasar kredit dan persyaratan pinjaman preferensial. Karena ukurannya, mereka dapat memengaruhi kebijakan pemerintah, subsidi, atau rezim peraturan yang menciptakan peluang pengumpulan rente, dan mereka memiliki infrastruktur politik dan hukum untuk memperkuat mekanisme ekstraksi rente mereka.

Dalam struktur seperti itu, perusahaan dapat memaksakan diri di hulu dalam hierarki distribusi, menangkap bagian yang tidak proporsional dari likuiditas sistem yang tersedia, terlepas dari produktivitas relatif mereka. Keuntungan bukan hanya menjadi imbalan atas produktivitas, tetapi fungsi dari kekuatan: kemampuan untuk mengubah likuiditas menjadi klaim yang tahan lama atas nilai tukar.

Hal ini sangat jelas terlihat pada monopoli platform digital, konglomerat farmasi, dan raksasa energi; Artinya, perusahaan-perusahaan yang, meskipun tidak selalu paling produktif secara fisik, tetap dapat mengendalikan aliran modal uang yang sangat besar karena posisi pasar yang mapan, monopoli kekayaan intelektual, atau kendali atas infrastruktur strategis. Dalam lingkungan seperti itu, keuntungan menjadi fungsi kekuasaan sekaligus produktivitas. Perusahaan-perusahaan ini berada pada posisi yang baik untuk memaksakan klaim likuiditas mereka ke hulu. Artinya, mereka dapat mengekstrak bagian dari potensi keuntungan sistem tidak hanya dari produksi, tetapi juga dari kendali atas sirkulasi, merek, data, kekayaan intelektual, atau efek jaringan.

Sebaliknya, di sektor-sektor yang kompetitif, profitabilitas dibatasi secara struktural. Bahkan dengan produktivitas fisik atau utilitas sosial yang tinggi, sektor-sektor ini seringkali berada di urutan terakhir dalam hierarki keuangan (meskipun tidak selalu), tertekan baik dari segi biaya maupun harga, dan rentan terhadap siklus kredit dan pengetatan likuiditas. Dengan demikian, distribusi keuntungan mencerminkan asimetri material dan kelembagaan: kapasitas untuk menghasilkan nilai guna, dan kekuatan untuk mengubah nilai guna tersebut menjadi nilai tukar yang dimonetisasi dalam sistem yang diatur oleh akses yang tidak setara terhadap likuiditas. Oleh karena itu, logika intinya melibatkan tiga proposisi berikut:

- Likuiditas merupakan kendala sistemik terhadap realisasi laba;
- Produktivitas dan kekuatan pasar membentuk distribusi laba relatif; dan
- Pengalihan modal fiktif menekan aliran laba riil.

Refleksi teoretis ini sejauh ini mengusulkan kerangka kerja struktural dan moneter untuk memahami bagaimana laba dihasilkan dan didistribusikan dalam ekonomi yang terfinansialisasi. Berbeda dengan pendekatan neoklasik atau yang hanya berfokus pada sisi riil, pendekatan ini menekankan ketergantungan sistemik laba pada penciptaan likuiditas, asimetri yang ditimbulkan oleh modal fiktif, dan struktur kekuatan institusional yang membentuk alokasi kredit dan hasil pasar. Dalam kerangka kerja ini:

- Realisasi laba merupakan kondisi moneter, terkait dengan perluasan kredit yang berkelanjutan dan mobilisasi modal uang;
- Distribusi laba dikondisikan oleh produktivitas fisik, struktur sektoral, dan posisi keuangan; dan
- Modal fiktif menyerap kelebihan likuiditas, mendistorsi profitabilitas sektor produktif dan memerlukan suntikan kredit yang lebih besar dan lebih berisiko.

Sejumlah pengamatan kritis muncul dari pendekatan teoretis secara keseluruhan ini. Seperti yang telah disebutkan, profitabilitas bukanlah fungsi dari produktivitas fisik, tetapi dari dinamika likuiditas tingkat sistem dan akses ke modal uang baru. Tingkat pertumbuhan kredit sangat penting untuk stabilitas atau krisis sistem. Krisis muncul ketika pertumbuhan kredit melambat, bukan karena kendala fisik tetapi karena klaim keuntungan tidak dapat direalisasikan. Endogenitas uang berarti sistem selalu berada dalam ketegangan antara pertumbuhan (membutuhkan suntikan kredit bersih) dan keruntuhan (jika dormansi mengalahkan suntikan). Akhir-akhir ini, modal fiktif (harga aset) dapat meningkat bahkan tanpa adanya profitabilitas riil. Ini terjadi jika likuiditas baru dialihkan ke pasar aset daripada sirkulasi di sirkuit produktif.

Dalam kerangka SEV yang disajikan di sini, saya membedakan dengan jelas antara kondisi untuk realisasi keuntungan (yang bersifat moneter dan sistemik) dan distribusi profitabilitas (yang dikondisikan oleh produktivitas material dan hierarki keuangan). Hal ini memberikan sudut pandang yang berguna untuk memahami dinamika akumulasi modal modern, di mana keuntungan agregat semakin bergantung pada likuiditas keuangan, namun basis produktif ekonomi dapat terkikis oleh perluasan sirkuit modal fiktif.

Kerangka kerja ini menyerukan reorientasi analisis dari indikator sisi riil sederhana (misalnya PDB atau pertumbuhan produktivitas) menuju pemahaman struktural tentang realisasi nilai sebagai fenomena moneter, posisional, dan material. Dengan demikian, kerangka kerja ini berupaya bertindak sebagai jembatan konseptual antara teori moneter produksi dan kritik terhadap finansialisasi, menawarkan platform yang kuat untuk investigasi empiris dan historis lebih lanjut.

6.7 PENDAPATAN, TABUNGAN, DAN DISTRIBUSI SURPLUS

Sekarang kita akan membahas pendapatan rumah tangga, sebagai dimensi lain dari klaim atas likuiditas. Dapat dikatakan sejak awal bahwa dalam kerangka SEV, distribusi surplus tidak dapat dipisahkan dari struktur temporal klaim likuiditas. Upah dan keuntungan bukanlah pembayaran faktor simetris yang ditentukan dalam produksi, tetapi klaim yang berbeda atas likuiditas yang muncul pada momen yang berbeda dalam sirkuit produksi-pertukaran. Mengenali temporalitas asimetris ini sangat penting untuk memahami pembentukan pendapatan, tabungan, dan aktivasi kapasitas produktif.

Upah merupakan klaim *ex ante* atas likuiditas sistem. Upah diberikan kepada rumah tangga sebelum validasi produksi melalui pertukaran dan dibiayai oleh penciptaan kredit pada awal sirkuit produksi. Dengan demikian, pembayaran upah mewujudkan validasi yang diantisipasi: upah mensosialisasikan risiko produksi dengan mentransfer likuiditas ke rumah

tangga sebelum keberhasilan sirkuit diketahui. Sebaliknya, keuntungan merupakan klaim ex post atas likuiditas yang telah divalidasi. Keuntungan hanya muncul setelah pertukaran terjadi dan mewakili klaim residual atas likuiditas yang terealisasi setelah biaya terpenuhi. Oleh karena itu, keuntungan menginternalisasi risiko kegagalan validasi dalam sektor usaha.

Setelah fungsi produksi Cobb-Douglas dan fondasi produktivitas marjinalnya ditolak, tidak ada mekanisme teknis yang menentukan distribusi antara klaim ex ante dan ex post ini. Pembagian upah-keuntungan justru merupakan hasil kelembagaan dan politik, yang dibentuk oleh kontrak kerja, rezim tawar-menawar, kondisi kredit, kekuatan penetapan harga, tata kelola perusahaan, dan kebijakan negara. Secara umum, kita dapat membingkai ini dalam hal penyelesaian sosial yang berbeda. Yang penting, distribusi ini secara dinamis dikondisikan oleh organisasi aliran likuiditas di berbagai sirkuit, bukan hanya oleh koefisien teknologi saja.

Pendapatan rumah tangga, yang terutama diterima dalam bentuk upah, mewakili likuiditas yang diberikan sebelum validasi. Konsumsi merupakan masuknya kembali likuiditas ini ke dalam sirkulasi secara langsung, sementara tabungan rumah tangga mewakili retensi klaim likuiditas ex ante setelah pendapatan diterima. Di sisi perusahaan, keuntungan dapat diberikan kembali ke sirkuit produktif baru, dialihkan ke sirkuit modal fiktif, atau ditahan sebagai likuiditas yang ditimbun. Oleh karena itu, tabungan rumah tangga dan keuntungan yang ditahan hanya simetris sebagai kepemilikan likuiditas residual, bukan sebagai klaim dengan urutan logis yang sama.

Perbedaan temporal ini melenyapkan klaim konvensional bahwa tabungan yang berlebihan menghasilkan investasi yang berlebihan atau konsumsi yang tidak mencukupi. Konsumsi merupakan fungsi dari pendapatan rumah tangga, yang dengan sendirinya mencerminkan keputusan produksi yang dibiayai kredit sebelumnya. Tabungan muncul setelah penerimaan pendapatan dan tidak membatasi investasi sebelumnya. Setiap efek kontraktif yang dikaitkan dengan tabungan mencerminkan perlambatan sirkulasi relatif terhadap komitmen kredit yang beredar, bukan kekurangan permintaan yang otonom.

Logika yang sama berlaku untuk kapasitas produktif. Karena investasi dimulai oleh kredit dan kapasitas masuk sebagai koefisien teknologi yang dapat berubah, kapasitas adalah variabel mengambang utama sistem. Apa yang tampak sebagai kapasitas berlebih atau menganggur bukanlah hasil dari investasi berlebihan relatif terhadap konsumsi, tetapi dari likuiditas yang ditahan dari sirkuit tertentu setelah perubahan kondisi validasi. Beberapa kapasitas secara teknologi digantikan; kapasitas lain menjadi tidak aktif, menunggu pengaktifan kembali melalui penyelesaian sirkuit yang lebih baik daripada pembentukan modal baru.

Dari sudut pandang ini, untuk mengantisipasi diskusi selanjutnya, kita dapat mencatat bahwa data rantai pasokan memainkan peran makroekonomi langsung. Kapasitas yang tidak aktif tetap ada bukan karena potensi produktif yang kurang, tetapi karena ketidakpastian seputar pihak lawan, waktu, kualitas, dan pengiriman menghambat validasi. Dengan mengurangi asimetri informasi, memperpendek siklus realisasi, dan menurunkan premi likuiditas, data rantai pasokan yang tervalidasi memungkinkan klaim likuiditas ex ante dan ex

post untuk dimobilisasi kembali ke dalam sirkuit aktif. Kapasitas diaktifkan kembali melalui validasi yang dipercepat, bukan melalui stimulus permintaan atau redistribusi.

Dalam istilah SEV, stabilitas dan ekspansi makroekonomi kurang bergantung pada volume tabungan, tingkat konsumsi, atau stok kapasitas daripada pada keselarasan temporal penerbitan kredit, uang muka pendapatan, dan validasi bursa. Distribusi mengatur bagaimana risiko dan likuiditas dialokasikan di seluruh sirkuit; data dan desain kelembagaan mengatur apakah likuiditas tersebut menyelesaikan sirkuit. Oleh karena itu, kapasitas dan tabungan yang menganggur bukanlah kegagalan sistemik, tetapi sisa-sisa dari bagaimana klaim likuiditas diatur waktunya, dipertahankan, dan diedarkan kembali. Secara analitis, langkah ini menjadikan distribusi sebagai pusat, bukan turunan, dan mengintegrasikan rumah tangga dan perusahaan secara simetris. Ini menghilangkan produktivitas marjinal tanpa jatuh ke dalam kekurangan konsumsi dan menambatkan tabungan, keuntungan, kapasitas, dan data dalam satu logika sirkuit likuiditas. Secara konseptual, ini memposisikan SEV sebagai teori realisasi dan sirkulasi surplus, bukan teori permintaan yang dimodifikasi.

Di bawah ini adalah proposisi dan konsekuensi bernomor yang mencerminkan temporalitas asimetris dari klaim likuiditas. Proposisi dan konsekuensi ini ringkas dan formal, dan harus dibaca sebagai hasil struktural daripada komentar.

6.8 LIKUIDITAS, DISTRIBUSI, DAN KAPASITAS DALAM SEV

1. Proposisi 1 (Asimetri Temporal Klaim Likuiditas)

Upah merupakan klaim *ex ante* atas likuiditas yang diharapkan yang diberikan melalui kredit pada awal sirkuit produksi, sedangkan keuntungan merupakan klaim *ex post* atas likuiditas yang telah divalidasi yang baru terealisasi setelah pertukaran berhasil.

2. Korolari 1 (Alokasi Risiko Di Seluruh Sirkuit)

Distribusi upah-keuntungan mencerminkan alokasi risiko validasi kelembagaan di seluruh sirkuit produksi, dengan rumah tangga menerima uang muka likuiditas *ex ante* dan perusahaan menanggung risiko validasi residual *ex post*.

3. Proposisi 2 (Distribusi Di Luar Produktivitas Marjinal)

Setelah produksi diakui sebagai dibiayai kredit dan divalidasi pertukaran, distribusi antara upah dan keuntungan tidak dapat diturunkan dari produktivitas marjinal atau koefisien teknologi.

4. Korolari 2 (Penentuan Distribusi Secara Kelembagaan-Politik)

Pembagian upah-keuntungan ditentukan oleh pengaturan kelembagaan, politik, dan organisasi yang mengatur kontrak kerja, kekuatan penetapan harga, kondisi kredit, dan kebijakan negara.

5. Proposisi 3 (Pendapatan, Konsumsi, Dan Tabungan)

Pendapatan rumah tangga berasal dari uang muka upah *ex ante* dan transfer yang terealisasi; konsumsi merupakan turunan dari pendapatan, dan tabungan rumah tangga adalah kepemilikan likuiditas residual yang muncul setelah penerimaan pendapatan.

6. Korollari 3 (Non-Kausalitas Tabungan)

Tabungan rumah tangga tidak membiayai investasi ex ante dan tidak merupakan kendala makroekonomi otonom; signifikansi sistemiknya hanya terletak pada pengaruhnya terhadap kecepatan sirkulasi.

7. Proposisi 4 (Simetri Kepemilikan Likuiditas Residual)

Tabungan rumah tangga dan laba usaha yang ditahan bersifat simetris sebagai kepemilikan likuiditas residual, meskipun berasal dari klaim dengan urutan temporal yang berbeda.

8. Korollari 4 (Retensi Likuiditas Dan Seleksi Sirkuit)

Efek makroekonomi dari tabungan dan laba yang ditahan bergantung pada tujuan sirkuitnya - reinvestasi produktif, pembentukan modal fiktif, atau penimbunan likuiditas - daripada pada besaran absolutnya.

9. Proposisi 5 (Kapasitas Sebagai Variabel Yang Berubah-Ubah)

Kapasitas produktif adalah koefisien teknologi endogen dan berubah-ubah yang terus-menerus diurutkan ulang oleh investasi yang dipimpin kredit dan perubahan kondisi validasi.

10. Korolari 5 (Penafsiran Ulang Kapasitas Menganggur)

Apa yang tampak sebagai kapasitas berlebih atau menganggur mencerminkan dormansi sirkuit atau supersesi teknologi, bukan investasi berlebih relatif terhadap konsumsi atau permintaan.

11. Proposisi 6 (Validasi, Data, Dan Pengaktifan Kembali Kapasitas)

Pengaktifan kapasitas produktif bergantung pada kecepatan dan keandalan validasi pertukaran daripada pada permintaan agregat atau mobilisasi tabungan.

12. Korolari 6 (Data Rantai Pasokan Sebagai Mekanisme Validasi)

Data rantai pasokan yang tervalidasi mengaktifkan kembali kapasitas yang tidak aktif dengan mengurangi ketidakpastian, memperpendek siklus realisasi, dan menurunkan premi likuiditas, sehingga memungkinkan klaim likuiditas ex ante dan ex post untuk kembali memasuki sirkuit aktif.

13. Proposisi 7 (Penutupan Makro Dalam SEV)

Stabilitas dan ekspansi makroekonomi diatur oleh keselarasan temporal penerbitan kredit, kenaikan upah, dan validasi nilai tukar, bukan oleh keseimbangan antara tabungan dan konsumsi.

14. Korollari 7 (Kesalahan Diagnosis Kekurangan Konsumsi Dan Kelebihan Kapasitas)

Teori-teori yang mengaitkan ketidakstabilan dengan konsumsi yang tidak mencukupi, tabungan yang berlebihan, atau kelebihan kapasitas salah mengidentifikasi kegagalan sirkulasi dan validasi sebagai ketidakseimbangan sisi permintaan.

6.9 KREDIT, FINANSIALISASI, DAN KETIDAKSTABILAN

Karena laju pertumbuhan kredit lebih cepat daripada kemampuan ekonomi riil untuk memvalidasi klaim uang, dan karena sebagian keuntungan ditahan dan tidak masuk ke dalam peredaran, sistem ekonomi membutuhkan suntikan kredit bruto yang terus meningkat untuk menjaga agar semuanya tetap berjalan. Saya katakan bruto karena pada tahap ini, yang kita

fokuskan hanyalah masukan baru ke dalam sistem. Suntikan baru ini masuk ke dalam peredaran dan dalam proses pertukaran mampu menyebabkan berbagai sumber daya dimobilisasi. Pada setiap peristiwa, sebagian likuiditas keluar. Salah satu alasan perlunya likuiditas tambahan adalah karena asimetri dan asinkronisasi informasi sehingga likuiditas tambahan perlu "ditahan" sambil menunggu validasi. Namun, informasi itu sendiri bersifat energik.

1. Pertumbuhan Kredit Bruto Sebagai Kebutuhan Sirkulasi, Bukan Pilihan Investasi

Begitu laju penciptaan kredit melebihi laju di mana produksi riil dapat divalidasi secara sosial, sistem tersebut mengubah rezimnya. Kredit tidak lagi terutama memajukan produksi; melainkan memajukan sirkulasi itu sendiri.

Sistem menjadi bergantung pada suntikan kredit bruto yang semakin besar hanya untuk mempertahankan kontinuitas transaksi, karena:

- Keuntungan adalah klaim atas kredit kemarin, dengan syarat validasi;
- Sebagian keuntungan ditahan (laba ditahan, penimbunan keuangan, pembelian aset); dan
- Oleh karena itu, likuiditas bocor keluar dari sirkulasi aktif pada setiap peristiwa pertukaran.

Inilah mengapa "bruto" penting. Pada tahap ini, kita tidak berbicara tentang stimulus bersih atau penutupan keseimbangan. Kita berbicara tentang masukan uang baru yang dibutuhkan untuk mengimbangi kebocoran sistemik sebelum validasi terjadi.

2. Kebocoran Likuiditas Sebagai Fitur Struktural Pertukaran

Setiap peristiwa pertukaran melakukan dua hal secara bersamaan:

1. Memobilisasi sumber daya (tenaga kerja, material, dan kapasitas); dan
2. Mengimmobilisasi likuiditas (saldo yang dipegang, keuntungan yang ditahan, dan penyangga yang terakumulasi)

Dalam dunia Walrasian yang ideal, informasi sempurna dan sinkron, sehingga tidak diperlukan penyangga. Tetapi dalam ekonomi moneter nyata:

- Validasi bersifat ex post;
- Produksi dan penjualan terpisah secara temporal; dan
- Agen menghadapi ketidakpastian yang tidak dapat direduksi, bukan hanya risiko.

Oleh karena itu, likuiditas harus ditahan sambil menunggu validasi. Ini bukan keanehan perilaku; ini adalah persyaratan struktural dari produksi asinkron di bawah koordinasi moneter.

3. Asimetri Informasi → Penyangga Likuiditas

Asimetri informasi dan asinkronisasi berarti bahwa agen tidak dapat secara instan memetakan:

$$\textit{klaim uang} \leftrightarrow \textit{hasil nyata}$$

Jadi mereka merespons secara rasional dengan:

- Menahan likuiditas;
- Menuntut margin;
- Membutuhkan penyangga; dan

- Memperpendek horizon.

Masing-masing tindakan ini menarik likuiditas dari peredaran, meningkatkan suntikan kredit bruto yang diperlukan untuk menjaga rantai pertukaran tetap utuh.

Dalam istilah SEV, ini adalah masalah nilai tukar bersyarat: klaim tetap bersyarat lebih lama, sehingga lebih banyak nilai tukar generik (uang) harus disuntikkan untuk menjaga sistem tetap likuid.

4. Informasi Bersifat Energik Dan Mahal

Informasi tidak gratis. Informasi bersifat energik setidaknya dalam tiga pengertian:

1. Produksi informasi membutuhkan energi (untuk pengukuran, akuntansi, audit, penyimpanan, pemberian sinyal, verifikasi, dan penyebaran);
2. Transmisi informasi membutuhkan infrastruktur (misalnya, platform, jaringan, dan perantara data); dan
3. Pemrosesan informasi membutuhkan waktu dan kapasitas kognitif/teknis.

Seiring sistem menjadi lebih kompleks dan terfinansialisasi, biaya energi informasi meningkat lebih cepat daripada kapasitas produktif. Hal ini memiliki dua implikasi:

- Likuiditas yang lebih banyak harus disimpan sementara informasi dikumpulkan dan diproses; dan
- Kredit semakin menggantikan informasi (“danai sekarang, validasi nanti”).

Oleh karena itu, percepatan pertumbuhan kredit bukan hanya kompensasi atas keuntungan yang ditahan; tetapi juga kompensasi atas hambatan energi dari pemrosesan informasi itu sendiri.

5. Implikasi Sistemik: Kredit Menggantikan Validasi

Ketika informasi menjadi terlalu mahal secara energi untuk menyinkronkan validasi, sistem menggunakan kredit untuk menjembatani kesenjangan tersebut. Tetapi ini menciptakan lingkaran umpan balik:

- Pertumbuhan kredit yang lebih cepat → lebih banyak klaim bersyarat;
- Klaim bersyarat yang lebih banyak → beban informasi yang lebih besar;
- Beban informasi yang lebih besar → penimbunan likuiditas yang lebih banyak; dan
- Penimbunan yang lebih banyak → kebutuhan akan suntikan kredit bruto yang lebih besar.

Inilah siklus likuiditas dalam kapitalisme yang terfinansialisasi.

BAB 7

DINAMIKA ENTROPI & KELANGKAAN SISTEMIK

7.1 PENDAHULUAN

Setelah uang, produksi, informasi, dan energi dipandang bersama sebagai bagian dari sistem yang saling terhubung, pertanyaan tentang kelangkaan dan kelimpahan berhenti menjadi sekadar masalah penawaran dan permintaan. Pertanyaan-pertanyaan tersebut menjadi pertanyaan tentang struktur energi: berapa banyak energi dan informasi yang dibutuhkan untuk mempertahankan aliran barang dan jasa melalui jaringan hubungan produksi sehingga memungkinkan rangkaian hubungan tersebut untuk bereproduksi dan berevolusi.

Buku James Galbraith dan Jing Chen, 2025 *Entropy Economics*, merupakan kontribusi terbaru untuk sejumlah karya yang bertujuan untuk mendasarkan ekonomi pada fisika termodinamika. Buku ini mengajukan sejumlah proposisi penting, dan bab ini mengacu pada salah satu proposisi tersebut untuk mengeksplorasi masalah penentuan harga secara lebih rinci. Pengamatan yang menarik adalah bahwa harga bergerak berbanding terbalik dengan kelangkaan/kelimpahan produk. Ketika suatu barang menjadi lebih langka, harganya naik; ketika kelimpahan meningkat, harga turun. Di balik ini terdapat aksioma termodinamika; Kelangkaan mencerminkan biaya energi yang tinggi dan kekacauan, sementara kelimpahan mencerminkan biaya energi yang rendah dan keteraturan sistemik.

Sekilas, ini terdengar sederhana. Tetapi untuk memahami bagaimana kelangkaan dan kelimpahan sebenarnya membentuk suatu ekonomi, kita harus mempertimbangkan bagaimana harga menghubungkan perusahaan dalam jaringan saling ketergantungan yang terstruktur. Di sini, teori nilai berbasis produksi Piero Sraffa adalah titik awal kita. Sraffa menunjukkan bahwa harga bukanlah hasil terisolasi dari penawaran dan permintaan individu, tetapi bagian dari jaringan sistemik: output setiap perusahaan adalah input perusahaan lain, dan harga serta biaya semua barang terhubung melalui jaringan hubungan produksi ini.

Ketika kedua wawasan ini digabungkan - yaitu, prinsip kelangkaan entropik Galbraith dan Chen dan saling ketergantungan sistemik Sraffa - gambaran ekonomi yang lebih sistemik muncul. Harga menjadi jaringan penghubung yang mentransmisikan informasi tentang kendala energi dan potensi kelimpahan melalui seluruh sistem. Selain itu, persaingan - proses di mana perusahaan berjuang memperebutkan pangsa pasar untuk menghasilkan pendapatan yang cukup untuk memungkinkan pemulihan biaya dan reproduksi - memperkenalkan asimetri: kelangkaan dan kelimpahan tidak memengaruhi sistem dengan cara yang berlawanan.

Bab ini mengembangkan sintesis yang mungkin ini. Bab ini dibangun di atas rekonseptualisasi nilai tukar sistemik dalam istilah energi dari bab-bab sebelumnya, memperkenalkan vektor rasio pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) yang mengukur kelangkaan dan kelimpahan relatif dalam produksi dan penggunaan. Bersama-

sama, ide-ide ini mengarah pada pemahaman termodinamika tentang koordinasi ekonomi, yang menghubungkan kembali harga, energi, dan persaingan dalam keseluruhan sistemik.

7.2 ENTROPI & KELANGKAAN-KELIMPAHAN GALBRAITH

Dalam Ekonomi Entropi, aktivitas ekonomi harus dilihat melalui lensa entropi - yaitu, hukum fisika bahwa semua proses mengkonsumsi energi dan menghasilkan kekacauan. Setiap barang mewujudkan biaya energi, yang mewakili berapa banyak pekerjaan yang harus dilakukan untuk mewujudkannya dan membuatnya tersedia untuk digunakan. Pengamatan ini sejalan dengan dasar-dasar yang telah saya uraikan sebelumnya.

Harga, dalam kerangka ini, adalah sinyal kelangkaan relatif. Kenaikan harga sesuai dengan peningkatan biaya energi, baik karena sumber daya yang dibutuhkan lebih sulit diperoleh atau karena produksi membutuhkan kompleksitas yang lebih besar. Sebaliknya, penurunan harga mencerminkan kelimpahan, yang dicapai ketika biaya energi menurun, teknologi meningkat, atau sumber daya baru menjadi mudah diakses. Langkah kunci adalah menghubungkan realitas fisik ini secara langsung dengan pembentukan nilai. Kelangkaan dan kelimpahan ekonomi bukanlah hal yang sewenang-wenang atau subjektif; keduanya merupakan cerminan dari upaya fisik dan organisasi sistemik. Dengan demikian, entropi menyediakan landasan material bagi pergerakan harga: harga naik ketika energi dan informasi yang dibutuhkan untuk mempertahankan produksi meningkat, dan harga turun ketika efisiensi sistemik meningkat.

Namun, sementara Galbraith dan Chen mengidentifikasi akar energi dari kelangkaan, kerangka kerja mereka membiarkan pertanyaan tentang transmisi tetap terbuka: bagaimana perubahan kelangkaan relatif pada satu titik menyebar ke seluruh perekonomian yang lebih luas? Jawabannya membutuhkan teori struktural tentang harga.

7.3 NILAI SISTEMIK JARINGAN HARGA DAN BIAYA SRAFFA

Dalam *Produksi Komoditas dengan Menggunakan Komoditas*, Sraffa memformalkan saling ketergantungan semua proses produksi. Setiap barang diproduksi menggunakan barang lain sebagai input; harga dan biaya membentuk jaringan yang saling ditentukan. Persamaan harga dasar Sraffa dapat ditulis sebagai:

$$p(I - (1 + r)A) = wl$$

di mana p adalah vektor harga, A adalah matriks koefisien input, r adalah tingkat keuntungan, w adalah tingkat upah, dan l adalah input tenaga kerja. Dengan menyelesaikan persamaan untuk harga, diperoleh:

$$p = wl(I - (1 + r)A)^{-1}$$

Ungkapan ini menunjukkan bahwa harga tidak bergantung pada pasar individual, tetapi pada keseluruhan struktur produksi. Perubahan pada satu elemen—baik biaya input, tingkat

keuntungan, atau teknologi—memengaruhi semua elemen lainnya melalui matriks hubungan antarindustri yang diwakili oleh invers Leontief $(I - A)^{-1}$. Dalam sistem ini, "harga" suatu barang mewakili biaya produksi langsung dan biaya tidak langsung dari semua input yang tertanam di sepanjang rantai pasokan. Dengan demikian, harga bertindak sebagai jaringan penghubung ekonomi: harga mentransmisikan informasi biaya dan kelangkaan melalui jaringan saling ketergantungan yang menghubungkan setiap perusahaan.

7.4 RASIO ENERGI DAN NILAI TUKAR

Untuk menghubungkan logika entropi Galbraith dan Chen dengan struktur sistemik Sraffa, kita dapat menafsirkan kembali kelangkaan dan kelimpahan secara eksplisit dalam istilah energi. Setiap produk nilai guna dapat dicirikan oleh vektor rasio energi:

$$E_i = (EROEI_p_i, EROEI_u_i)$$

di mana:

- $EROEI_p$ adalah pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan dalam memproduksi barang i ; dan
- $EROEI_u$ adalah pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan dalam menggunakannya.

Vektor ini mewakili produktivitas energi suatu barang sepanjang siklus hidupnya. Produk dengan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ yang tinggi menghasilkan energi atau layanan yang jauh lebih bermanfaat per unit energi yang dikonsumsi; ini adalah barang yang kaya energi. Produk dengan rasio EROEI rendah mahal secara energi; dalam pengertian ini, dapat dilihat sebagai barang yang relatif langka. Jika harga mencerminkan kelangkaan dan kelimpahan, pada akhirnya harga merupakan ekspresi dari rasio energi yang mendasarinya:

$$p_i = f(E_i) = f(EROEI_p_i, EROEI_u_i)$$

EROEI rendah (biaya energi tinggi) menyiratkan harga tinggi; EROEI tinggi menyiratkan harga rendah. Struktur harga keseluruhan ekonomi dengan demikian merupakan pemetaan dari lanskap efisiensi energi.

Yang terpenting, rasio ini tidak statis. Perubahan teknologi, penipisan sumber daya, dan pembelajaran melalui praktik terus-menerus mengubah produktivitas energi barang dan proses; artinya, koefisien produksi di seluruh jaringan rantai pasokan ditingkatkan. Peningkatan EROEI dari input utama - misalnya, panel surya yang lebih efisien - menciptakan kelimpahan sistemik, menurunkan biaya di banyak sektor. Penurunan EROEI - misalnya, bahan bakar fosil yang lebih sulit diekstraksi - memperkenalkan kelangkaan sistemik, meningkatkan biaya di seluruh jaringan. Melalui kerangka kerja Sraffian, gradien energi ini menyebar. Invers Leontief menelusuri bagaimana pergeseran EROEI suatu sektor memengaruhi seluruh struktur harga, mengungkapkan sensitivitas ekonomi terhadap kendala energi dan peningkatan teknologi.

7.5 ASIMETRI KELIMPAHAN DAN PERSAINGAN

Meskipun kelangkaan dan kelimpahan adalah kebalikan termodinamika, keduanya tidak menghasilkan hasil ekonomi yang saling berlawanan. Perbedaannya terletak pada bagaimana persaingan memediasi transmisi perubahan energi ke dalam harga dan keuntungan.

Ketika kelangkaan terjadi - yaitu, ketika EROEI (*Energy Return on Energy Invested*/Pengembalian Investasi) dari input utama turun - harga naik lebih dari proporsional terhadap biaya. Perusahaan yang mengendalikan sumber daya langka memperoleh keuntungan dari kelangkaan, keuntungan di atas pengembalian normal, karena pesaing tidak dapat dengan mudah menggantikannya. Keuntungan tinggi pada gilirannya menarik investasi baru, memperluas kapasitas dan akhirnya mengurangi kelangkaan sampai batas tertentu. Ketika kelimpahan muncul - EROEI tinggi dan biaya turun - kebalikannya terjadi, tetapi dengan asimetri. Persaingan mendorong harga turun dengan cepat, menekan margin. Beberapa perusahaan keluar, dan yang bertahan mengkonsolidasikan kekuatan pasar. Seiring waktu, ini dapat menghasilkan keuntungan dari kelimpahan: perusahaan yang terkonsentrasi menstabilkan harga di atas biaya, menangkap nilai bahkan dalam kondisi energi yang melimpah.

Dengan demikian, kelimpahan seringkali menyebabkan konsentrasi dari waktu ke waktu, sementara kelangkaan pada awalnya menghasilkan dispersi. Struktur sistem berkembang secara berbeda tergantung pada sisi gradien energi mana yang dialaminya. Dinamika ini menjelaskan mengapa penurunan biaya produksi - seperti pada energi terbarukan, semikonduktor, atau pengolahan data - tidak selalu secara otomatis diterjemahkan menjadi penurunan harga konsumen atau peningkatan kesejahteraan yang meluas. Kekuatan pasar, gesekan kelembagaan, dan perilaku strategis ikut berperan.

Oleh karena itu, interaksi energi, kelangkaan, dan persaingan menciptakan asimetri yang bergantung pada jalur dalam evolusi harga. Hal ini juga menyoroti sifat sistemik dari penyesuaian: harga bukan hanya cerminan dari kelangkaan, tetapi instrumen yang digunakan ekonomi untuk mengatur ulang dirinya sendiri sebagai respons terhadap perubahan kondisi energi.

7.6 IMPLIKASI KEBIJAKAN DAN ANALISIS

Tiga implikasi utama muncul dari sintesis ini. Pertama, harga adalah sinyal energi. Model ekonomi tradisional memperlakukan harga sebagai hasil keseimbangan preferensi dan teknologi. Tetapi dalam sistem entropik, harga mewujudkan biaya energi dan informasi untuk mempertahankan produksi dan stabilitas sistemik (negentropi). Kebijakan moneter, inflasi biaya, dan kemajuan teknologi semuanya memiliki dimensi energi yang mendasarinya. Ini memperkuat proposisi teoretis yang dibahas sebelumnya bahwa harga bukanlah sinyal kliring yang mencerminkan preferensi utilitas, tetapi merupakan artefak struktural yang muncul secara holistik.

Kedua, kelimpahan tidak selalu menguntungkan, atau setidaknya, dapat menimbulkan efek putaran kedua yang pada gilirannya menghasilkan tantangan tersendiri. Meskipun kelimpahan mengurangi kelangkaan fisik, hal itu dapat menghasilkan kompresi kompetitif dan

konsentrasi struktural. Oleh karena itu, para pembuat kebijakan harus memperhatikan asimetri distribusi untuk memastikan bahwa kelimpahan energi diterjemahkan menjadi kelimpahan sosial, bukan keuntungan monopoli. Efek konfigurasi struktural dari kelimpahan (kelangkaan) dan implikasi distribusinya (keuntungan/upah) adalah hal-hal yang dapat diatur dan dibentuk oleh kebijakan.

Ketiga, kebijakan transisi energi seharusnya tidak hanya fokus pada peningkatan $EROEI_p$ (efisiensi produksi) tetapi juga pada peningkatan $EROEI_u$ (efisiensi fase penggunaan). Teknologi dengan $EROEI_p$ tinggi seperti tenaga surya atau angin masih membutuhkan pemanfaatan yang efisien untuk menghasilkan kelimpahan sistemik. Mengintegrasikan kedua ukuran energi ini ke dalam model perencanaan dan penetapan harga dapat memandu transisi yang lebih tangguh dan adil.

7.7 MENUJU EKONOMI TERMO-SISTEMIK

Menggabungkan prinsip entropi Galbraith dan Chen dengan teori nilai sistemik Sraffa menambah kekayaan pada konseptualisasi kita tentang ekonomi sebagai jaringan energi-informasi. Harga adalah saluran tempat perubahan kelangkaan dan kelimpahan relatif - yang didasarkan pada kendala energi dan material - menyebar melalui sistem. Dengan mengekspresikan kelangkaan dan kelimpahan dalam hal $EROEI_p$ dan $EROEI_u$, kita menerjemahkan realitas termodinamika ke dalam bentuk ekonomi yang terukur. Ketika tertanam dalam jaringan produksi Sraffa, ini menghasilkan model nilai tukar sistemik: pandangan harga sebagai refleksi gradien energi dalam struktur perusahaan yang terhubung.

Persaingan memastikan bahwa proses ini tidak pernah simetris. Kelangkaan dan kelimpahan memicu dinamika adaptif yang berbeda - satu dispersif, yang lain konsentratif - dan evolusi struktural ekonomi bergantung pada bagaimana kekuatan-kekuatan ini berinteraksi dari waktu ke waktu dalam pengaturan sosial, kelembagaan, dan kebijakan tertentu.

Penerapan empiris dari pendekatan ini dapat membantu para pembuat kebijakan memahami bagaimana transisi energi, perubahan teknologi, dan struktur pasar secara bersama-sama membentuk inflasi, profitabilitas, dan ketahanan. Hal ini menunjukkan bahwa mengelola kelimpahan—memastikan bahwa efisiensi energi menjadi nilai sosial yang tersebar luas—sama pentingnya dengan mengatasi kelangkaan. Dalam hal ini, ekonomi entropi dan ekonomi produksi bertemu pada wawasan utama: *ekonomi bukanlah mesin untuk mengalokasikan sumber daya yang diberikan, tetapi sistem hidup yang terus-menerus mengatur ulang dirinya sendiri di sekitar aliran energi, informasi, dan interaksi antara nilai guna dan nilai tukar.*

BAB 8

ENERGI–KREDIT–INFORMASI–MODAL FIKTIF SISTEMIK

8.1 PENDAHULUAN

Bab ini merangkum bagian teoritis formal dari buku ini, dan menyatukan berbagai benang merah untuk menyajikan secara ringkas teori umum sistem produksi moneter yang berlandaskan termodinamika, uang endogen, dan teori informasi. Pada bagian buku ini, saya mengusulkan dan mengartikulasikan kerangka Nilai Tukar Sistemik (SEV), di mana aktivitas sosial-ekonomi dipahami sebagai koordinasi transformasi nilai guna berbasis energi dan sirkulasi nilai tukar berbasis kredit dalam kondisi ketidakpastian dan waktu. Saya menunjukkan bahwa penciptaan kredit menghasilkan klaim nilai tukar bersyarat yang memerlukan validasi *ex post*, dan bahwa kapasitas sistem untuk memvalidasi klaim tersebut sangat bergantung pada ketersediaan informasi yang dapat diandalkan dan berbiaya energi rendah yang menghubungkan aliran uang dengan peristiwa produksi riil. Dalam hal ini, bab ini memformalkan konsep kecepatan validasi dan menunjukkan bahwa penurunan kapasitas validasi secara endogen menghasilkan sirkuit modal fiktif yang beroperasi pada kecepatan lebih tinggi dan biaya energi lebih rendah. Hiper-finansialisasi ditunjukkan sebagai respons yang rasional secara lokal tetapi destabilisasi secara global terhadap kendala validasi. Bab ini diakhiri dengan menurunkan kondisi penutupan sistemik. Kemudian dalam buku ini, saya mengidentifikasi akumulasi berbasis informasi sebagai rezim koordinasi alternatif yang layak.

Kapitalisme kontemporer ditandai oleh ekspansi keuangan yang terus-menerus, peningkatan leverage, dan proliferasi akumulasi berbasis aset, yang seringkali terputus dari aktivitas produktif yang mendasarinya. Penjelasan standar memperlakukan perkembangan ini sebagai akibat dari kegagalan kebijakan, penangkapan regulasi, kelebihan perilaku, atau ketidakseimbangan sisi permintaan. Kerangka kerja SEV mengajukan klaim yang berbeda, yang diringkas di bawah ini: hiper-finansialisasi adalah respons sistemik endogen dan rasional terhadap masalah koordinasi yang lebih dalam yang berakar pada waktu, energi, dan informasi. Sejauh mana sosialisme dengan karakteristik Tiongkok serupa dan berbeda adalah subjek bagian selanjutnya dari buku ini, dan memberikan kontras yang berguna untuk memahami dan mengevaluasi kapitalisme kontemporer (Barat) dalam kerangka kerja SEV.

Kerangka SEV yang dikembangkan di bagian buku ini mengintegrasikan lima elemen yang biasanya diperlakukan secara terpisah: (i) dasar termodinamika produksi, (ii) uang kredit endogen, (iii) informasi sebagai media energi dan koordinasi, (iv) validasi sebagai proses sosial, dan (v) modal fiktif sebagai sirkuit akumulasi yang berbeda. Dengan menyatukan elemen-elemen ini, SEV menjelaskan mengapa finansialisasi muncul, mengapa ia berakselerasi, dan mengapa pada akhirnya ia meng destabilisasi akumulasi.

8.2 TERMODINAMIKA NILAI GUNA-ENERGI

Sebagai pengulangan, sistem ekonomi adalah sistem termodinamika terbuka. Produksi bukanlah pertukaran; melainkan transformasi energi dan materi menjadi struktur teratur yang mampu menopang reproduksi sosial. Produksi ekonomi adalah transformasi energi dan materi

menjadi struktur teratur yang mampu menopang reproduksi sosial. Misalkan E_t menunjukkan aliran energi dan materi pada waktu t , dan U_t nilai guna yang terealisasi. Produksi direpresentasikan sebagai:

$$U_t = f(\cdot)(E_t)$$

di mana $f(\cdot)$ dibatasi oleh hukum fisika, kemampuan teknologi, dan bentuk organisasi. Potensi energi surplus menentukan kapasitas untuk akumulasi. Tanpa aliran energi yang berkelanjutan, tatanan ekonomi akan runtuh menjadi entropi. Potensi energi surplus (SEP) menentukan:

- kapasitas untuk ekspansi;
- reproduksi struktur produktif; dan
- batas atas akumulasi jangka panjang.

Entropi selalu ada: tanpa aliran energi yang berkelanjutan, struktur ekonomi yang teratur akan runtuh.

8.3 UANG ENDOGEN DAN NILAI TUKAR BERSYARAT

Ekonomi modern mengkoordinasikan produksi melalui uang yang diciptakan secara endogen melalui kredit. Misalkan:

- C_t = kredit baru bruto yang diciptakan pada waktu t

Kredit diterbitkan sebelum produksi dan oleh karena itu merupakan klaim nilai tukar bersyarat atas realisasi nilai guna di masa mendatang. Kredit merupakan klaim nilai tukar bersyarat atas nilai guna yang direalisasikan di masa mendatang. Validasi terjadi setelahnya. Keuntungan, secara agregat, bukanlah mark-up tetapi:

$$\Pi_t = V_t - Costs_t$$

di mana:

- V_t = klaim uang yang divalidasi pada waktu t

Yang terpenting, kita perlu mencatat bahwa apa yang menjadi biaya bagi satu agen adalah pendapatan bagi agen lain (penutupan Sraffian), sehingga laba agregat bergantung pada validasi tingkat sistem, bukan perilaku penetapan harga mikro. Laba agregat bukanlah mark-up tetapi sisa klaim yang divalidasi relatif terhadap biaya, di mana biaya adalah pendapatan di tempat lain dalam sistem. Validasi tingkat sistem, bukan perilaku penetapan harga mikro, menentukan hasil agregat.

8.4 WAKTU, KETIDAKPASTIAN & VALIDASI

Karena produksi dan penjualan terpisah secara temporal, klaim kredit harus divalidasi secara sosial. Oleh karena itu, kita harus mendefinisikan validasi sebagai transformasi nilai tukar bersyarat menjadi nilai tukar yang diterima. Validasi tidak terjadi secara instan dan membutuhkan:

- Penyelesaian produksi;
- Sirkulasi; dan
- Penerimaan oleh pihak lain berdasarkan aturan institusional yang berlaku.

Misalkan τ_v menunjukkan rata-rata jeda validasi. Jeda validasi yang lebih lama meningkatkan likuiditas yang ditahan sambil menunggu validasi dan meningkatkan ketergantungan pada suntikan kredit bruto untuk mempertahankan sirkulasi. τ_v yang lebih lama menyiratkan:

- lebih banyak likuiditas yang ditahan sambil menunggu validasi;
- paparan yang lebih besar terhadap ketidakpastian; dan
- meningkatnya ketergantungan pada suntikan kredit bruto.

8.5 INFORMASI SEBAGAI PENGGABUNGAN ENERGI

Informasi menghubungkan produksi material dan sirkulasi moneter tetapi informasi itu sendiri bersifat energik. Biarkan E_I menunjukkan biaya energi untuk memproduksi, mengirimkan, dan memproses informasi. Informasi tidak secara otomatis bermanfaat. Informasi dapat layak (berbasis dan dapat ditindaklanjuti) atau merosot menjadi kebisingan (tidak dapat diandalkan, diperdebatkan, salah, menyesatkan, atau disimpulkan secara statistik). Informasi yang tidak layak meningkatkan entropi dengan berdampak buruk pada efisiensi EROEI serta dengan menunda validasi dan mendorong abstraksi keuangan sebagai mekanisme koordinasi pengganti, yang mengakibatkan peningkatan penyangga likuiditas yang 'ditarik ke dalam sistem sirkulasi'.

1. Keandalan Informasi

SEV menggantikan gagasan kepercayaan dengan keandalan informasi. Misalkan $D \in (0,1)$ menunjukkan probabilitas bahwa informasi diterima sebagai valid di bawah protokol bersama. Keandalan bersifat institusional dan berbasis protokol, bukan psikologis. Keandalan bergantung pada standar pengukuran umum, proses yang dapat diaudit, serta tata kelola dan penegakan hukum. Keandalan yang tinggi mengurangi keterlambatan validasi dan menurunkan biaya energi informasi.

Para aktor tidak perlu saling percaya; mereka membutuhkan keyakinan bahwa pihak lain akan menerima data yang sama sebagai valid.

2. Kecepatan Validasi

$$\int_{t-\tau_v}^t C_s ds$$

Validasi adalah proses aliran, bukan suatu keadaan. Misalkan V_t menyatakan klaim yang telah divalidasi pada waktu t . Misalkan:

$V_t = \text{jumlah klaim yang masih bersyarat}$

Dengan demikian, kita dapat mendefinisikan kecepatan validasi sebagai:

$$v_v = \frac{V_t}{\int_{t-\tau_v}^t C_s ds}$$

Kecepatan validasi mengukur seberapa cepat klaim bersyarat diubah menjadi klaim yang tervalidasi dan memenuhi persyaratan:

$$v_v \propto \frac{D}{E_I}$$

v_v mengukur seberapa cepat sistem mengubah klaim bersyarat menjadi klaim yang tervalidasi. Kecepatan validasi yang lebih rendah menyiratkan likuiditas yang lebih tinggi saat tidak digunakan dan meningkatnya kebutuhan kredit bruto. Keandalan yang tinggi dan biaya energi informasi yang rendah meningkatkan kecepatan validasi.

8.6 LIKUIDITAS DIAM & SIKLUS KREDIT

Likuiditas yang ditahan menunggu validasi berbanding terbalik dengan kecepatan validasi. Seiring menurunnya v_v , laba ditahan, penimbunan, dan penyangga keuangan meningkat, sehingga membutuhkan suntikan kredit bruto yang semakin besar untuk mempertahankan sirkulasi. Misalkan:

- L^{rest} = likuiditas yang ditahan menunggu validasi.

Maka:

$$L^{rest} \propto \frac{1}{v_v}$$

Saat v_v turun:

- penyangga likuiditas meningkat;
- keuntungan ditahan; dan
- suntikan kredit bruto harus meningkat hanya untuk mempertahankan sirkulasi.

Hal ini menciptakan siklus kredit yang didorong oleh kendala validasi, bukan kekurangan permintaan.

8.7 KEMUNCULAN SIRKUIT MODAL FIKTIF

Ketika kapasitas validasi ekonomi riil tidak mencukupi, akumulasi dialihkan ke sirkuit modal fiktif. Modal fiktif terdiri dari klaim nilai tukar yang divalidasi secara internal melalui

harga, margin, dan jaminan, bukan melalui nilai guna yang terealisasi. Modal fiktif didefinisikan sebagai:

Suatu sirkuit nilai tukar yang validasinya dialihkan dari transformasi nilai guna riil ke pertukaran keuangan itu sendiri.

Sirkuit-sirkuit ini beroperasi pada skala energi dan temporal yang berbeda.

8.8 HIERARKI KECEPATAN DAN ENERGI

Misalkan v_r , v_m , dan v_f masing-masing menunjukkan kecepatan akumulasi riil, sirkulasi moneter, dan modal fiktif. Secara struktural:

$$v_f \gg v_m \gg v_r$$

Biaya energi per unit pertukaran memenuhi:

$$E_f \ll E_m \ll E_r$$

Hierarki ini menjelaskan ekspansi endogen dari modal fiktif. Dengan asumsi $E_f \ll E_r$ dan $v_f \gg v_r$, sirkuit fiktif meminimalkan kendala energi dan temporal pada pertukaran. Ekspansi sirkuit semacam itu mengurangi tekanan entropi jangka pendek dalam sirkulasi meskipun meningkatkan kerapuhan jangka panjang.

8.9 RASIONALITAS & INSTABILITAS HIPER-FINANSIALISASI

Modal fiktif menjalankan fungsi sistemik. Ia menyerap likuiditas berlebih yang tidak dapat divalidasi dalam produksi, menurunkan biaya informasi lokal dengan menyediakan sinyal yang cepat dan sinkron (harga, margin, dan jaminan), dan mempertahankan sirkulasi dengan menggantikan kontinuitas keuangan dengan validasi nyata. Ini bersifat negentropik secara lokal, karena memulihkan ketertiban dalam sirkuit keuangan, menurunkan biaya energi informasi secara kasat mata, dan mempertahankan sirkulasi.

Namun, validasi bersifat internal terhadap sirkuit, bukan berdasarkan pada kenyataan. Validasi digantikan daripada diselesaikan. Klaim terakumulasi lebih cepat daripada kapasitas sistem untuk mengembalikannya ke dasar, menghasilkan kerapuhan struktural.

Seiring perluasan sirkuit modal fiktif, stok klaim yang tidak berdasar bertambah, ambang batas keandalan menurun, dan kebisingan menjadi dapat diperdagangkan daripada dihilangkan. Pada akhirnya, validasi keuangan melampaui kapasitas validasi nyata, pertumbuhan kredit harus dipercepat lebih lanjut, dan sistem menjadi bergantung pada rollover yang tidak terputus. Krisis adalah momen ketika validasi fiktif runtuh dan landasan dipaksakan kembali. Paradoks ekspansi pasar keuangan yang didukung energi (seperti yang dibahas dalam Bab 4) adalah bahwa hal ini menciptakan kondisi sirkulasi dan perputaran berkecepatan tinggi tetapi tidak menciptakan kondisi di mana klaim modal fiktif dapat didasari.

Sebaliknya, dengan memungkinkan validasi nilai tukar secara berlebihan dalam sirkuit modal fiktif itu sendiri, kita menyaksikan ekspansi sistematis aset keuangan dan peningkatan nilai tukarnya yang mendahului perhitungan neraca ketika realitas termodinamika menegaskan dirinya.

8.10 KONDISI PENUTUPAN SISTEMIK

Suatu sistem produksi moneter dikatakan stabil secara dinamis jika:

$$\frac{dC}{dt} \sim v_v \cdot \mathcal{J}(E_t)$$

Agar sistem tetap stabil secara dinamis, laju injeksi kredit baru harus sebanding dengan laju produksi riil yang dapat memvalidasi klaim, yang diskalakan oleh kecepatan validasi. Ketika kondisi ini gagal, modal fiktif berkembang untuk mempertahankan sirkulasi sambil mendestabilisasi akumulasi.

Rezim yang terfinansialisasi dicirikan oleh keandalan informasi yang rendah, kecepatan validasi yang rendah, dan perputaran modal fiktif yang tinggi. Rezim yang berbasis informasi meningkatkan kecepatan validasi dengan menanamkan data produksi yang dapat diandalkan ke dalam sirkuit moneter, mengurangi ketergantungan pada abstraksi keuangan. Misalkan stok klaim fiktif adalah F_t . Jika:

$$\frac{dF_t}{dt} > v_v \cdot \mathcal{J}(E_t)$$

Kemudian sistem menjadi tidak stabil secara struktural. Di sini, klaim menumpuk lebih cepat daripada kapasitas sistem untuk mendasarkannya kembali pada transformasi nilai guna yang nyata.

8.11 RINGKASAN

Kerangka kerja SEV berbeda dari pendekatan Kaleckian atau pasca-Keynesian karena:

- Laba bukan hanya margin keuntungan atau surplus yang didorong oleh permintaan - melainkan klaim atas perluasan likuiditas sistem dengan harga yang ditentukan sebagai efek dari struktur bertingkat vektor biaya-harga, yang termanifestasi sebagai koefisien produksi dalam jaringan rantai pasokan;
- Permintaan likuiditas bukan psikologi kehati-hatian tetapi fitur yang diperlukan dari sirkulasi sistem; dan
- Pertumbuhan kredit bukan hanya akomodasi endogen tetapi respons yang diperlukan terhadap ritme diferensial sirkuit nilai guna (relatif lambat) terhadap sirkuit cepat penciptaan dan sirkulasi nilai tukar, di mana validasi dibatasi oleh realitas termodinamika.

Pertumbuhan kredit menjadi kebutuhan termodinamika dan informasional dari sistem pertukaran yang beroperasi di luar kapasitas validasinya. Informasi, energi, dan uang

bukan lagi domain yang terpisah. Ketiganya merupakan penentu bersama stabilitas/ketidakstabilan sirkulasi.

Sekarang kita dapat menghubungkan hal ini secara eksplisit dengan mengapa hiper-finansialisasi bersifat rasional dari sudut pandang sistem itu sendiri, meskipun hal itu mengdestabilisasi akumulasi. Kita juga dapat mencatat reaksi negentropik sejauh menyangkut informasi - menurunkan biaya energinya dan membuatnya tersedia secara sinkron dan simetris, sehingga mempercepat sirkulasi. Dengan demikian kita menutup lingkaran dan menunjukkan bahwa hiper-finansialisasi bukanlah "patologi" atau penyimpangan, tetapi respons sistemik yang rasional secara lokal terhadap kendala sirkulasi, sekaligus menjelaskan mengapa hal itu pada akhirnya merusak akumulasi.

1. Masalah sistem: sirkulasi melampaui kapasitas validasi

Ingat bahwa dalam kerangka SEV, kendala yang mengikat bukanlah kapasitas produksi itu sendiri, tetapi kapasitas validasi. Ketika pertumbuhan kredit meningkat melampaui kemampuan ekonomi riil untuk menyelesaikan produksi, mengirimkan informasi tentang hasil dan memvalidasi klaim melalui penjualan, sistem menghadapi pilihan. Sistem harus:

- memperlambat sirkulasi (dan menerima krisis); atau
- menciptakan mekanisme yang menggantikan validasi.

Hiper-finansialisasi adalah pilihan yang terakhir.

Dari sudut pandang sistem, masalahnya bukanlah "terlalu banyak keuangan", tetapi terlalu banyak nilai tukar bersyarat relatif terhadap throughput validasi.

2. Hiper-finansialisasi sebagai pengganti rasional untuk validasi

Instrumen keuangan menjalankan fungsi sistemik yang sangat spesifik. Mereka mengubah validasi yang lambat dan sarat informasi menjadi pertukaran yang cepat dan berbasis aturan. Contoh penerapannya meliputi:

- Sekuritisasi menggantikan korelasi statistik untuk validasi tingkat aset;
- Derivatif menggantikan simetri kontrak untuk pengetahuan tentang produksi yang mendasarinya; dan
- Pasar aset menggantikan pergerakan harga untuk konfirmasi nilai guna
Dalam setiap kasus, pertukaran dipisahkan dari validasi produksi dan dihubungkan kembali ke simetri keuangan. Ini rasional karena:
 - pertukaran keuangan memiliki biaya informasi energi yang lebih rendah daripada validasi nyata; dan
 - beroperasi pada sinyal sinkron dan terstandarisasi (harga, margin, perjanjian).

Oleh karena itu, hiper-finansialisasi memampatkan waktu dan mengurangi gesekan informasi, menjaga sirkulasi tetap mengalir ketika validasi nyata tidak dapat mengimbangnya.

3. Mengapa ini bersifat negentropik - pada awalnya

Ini dapat dibingkai sebagai reaksi negentropik. Finansialisasi mengurangi entropi dengan:

- menstandarisasi informasi;

- menyinkronkan ekspektasi; dan
 - mengompres realitas heterogen menjadi nilai tukar homogen.
- Pasar melakukan pekerjaan informasional:
- harga menggabungkan sinyal yang tersebar;
 - kontrak mengkodifikasi ekspektasi; dan
 - mekanisme kliring menegakkan sinkronisasi.

Dari logika sistem itu sendiri, ini adalah respons pengaturan terhadap kompleksitas yang meningkat.

Singkatnya, keuangan menurunkan biaya energi informasi dengan mengganti pengetahuan dengan kesetaraan formal. Ini memungkinkan kecepatan sirkulasi meningkat tanpa menunggu validasi nyata, untuk sementara memulihkan koherensi sistemik.

4. Ketidakstabilan: negentropi keuangan menciptakan entropi dunia nyata

Masalahnya adalah negentropi ini bersifat lokal dan parsial. Dengan mempercepat pertukaran sambil melewati validasi, hiper-finansialisasi menghasilkan:

- akumulasi klaim yang tidak tervalidasi;
 - meningkatnya perbedaan antara klaim uang dan kapasitas produktif; dan
 - meningkatnya ketergantungan pada suntikan kredit bruto yang berkelanjutan.
- Pada akhirnya, hal ini mengarah pada situasi di mana:
- kompresi informasi menjadi kehilangan informasi;
 - harga berhenti menyampaikan pengetahuan; dan
 - simetri keuangan terlepas dari kendala nyata.

Pada titik ini, pasar keuangan tidak lagi mengurangi ketidakpastian, tetapi justru menjadi penyebabnya. Sistem kemudian harus memilih antara inovasi keuangan yang lebih cepat, atau validasi ulang paksa melalui krisis.

5. Mengapa akumulasi mendestabilisasi bahkan ketika sirkulasi tetap terjaga

Oleh karena itu, kontradiksi inti menjadi tak terelakkan:

Hiper-finansialisasi menstabilkan sirkulasi dengan mendestabilisasi akumulasi.

Hal ini karena akumulasi membutuhkan validasi nyata dari waktu ke waktu, tetapi finansialisasi mengutamakan pertukaran langsung, dan keuntungan direalisasikan sebagai surplus keuangan daripada ekspansi produktif. Modal semakin terakumulasi sebagai nilai tukar bersyarat, bukan sebagai kapasitas produktif yang diperluas.

Dengan demikian, pertumbuhan kredit mempertahankan pergerakan tetapi mengikis dasar validasi di masa depan, meningkatkan tingkat injeksi kredit bruto yang dibutuhkan hanya untuk tetap diam. Inilah mengapa sistem tampak dinamis sementara menjadi rapuh secara struktural.

6. Klaim SEV lengkap

Sekarang kita dapat menyatakan proposisi dengan jelas:

Hiper-finansialisasi adalah respons rasional dan negentropik terhadap meningkatnya biaya energi informasi dan kesenjangan temporal antara penciptaan dan validasi kredit. Ia mempertahankan sirkulasi dengan menggantikan simetri keuangan dengan validasi nyata. Namun, dengan melakukan hal tersebut, hal itu mempercepat akumulasi klaim bersyarat, meningkatkan entropi informasi pada tingkat produksi dan pada akhirnya mendestabilisasi akumulasi itu sendiri.

Sistem tersebut melakukan persis apa yang dibutuhkan oleh kendala internalnya dan dengan demikian memperketat kendala yang sama.

Kerangka kerja SEV menunjukkan bahwa hiper-finansialisasi bukanlah penyimpangan tetapi respons sistemik yang rasional terhadap kendala validasi dalam ekonomi berbasis kredit. Menstabilkan akumulasi tidak membutuhkan lebih sedikit keuangan itu sendiri, tetapi kapasitas validasi yang lebih tinggi yang dimungkinkan oleh informasi yang dapat diandalkan dan berbasis energi. Hal ini membongkai ulang infrastruktur data rantai pasokan, digitalisasi, dan tata kelola informasi sebagai mekanisme stabilisasi makroekonomi inti daripada peningkatan efisiensi.

Oleh karena itu, kita dapat meringkas kerangka kerja SEV sebagai pengintegrasian hal-hal berikut:

- Energi dipahami sebagai landasan nilai guna;
- Kredit adalah nilai tukar bersyarat;
- Informasi berfungsi sebagai penghubung energi;
- Keandalan mengarah pada kapasitas validasi; dan
- Modal fiktif berfungsi sebagai akumulasi pengganti berkecepatan tinggi.

Semua bersifat endogen. Semua diperlukan. Hiper-finansialisasi bukan lagi patologi atau kegagalan moral. Sebaliknya, ini adalah respons sistemik rasional terhadap kendala validasi - dan mekanisme yang pada akhirnya memperkuat kendala tersebut.

Bagaimana perekonomian nasional merespons dinamika inti ini membedakannya satu sama lain. Bagian selanjutnya akan mengarahkan perhatian kita pada pengalaman Tiongkok, yang menunjukkan bagaimana fokus pada transformasi kapasitas material dalam hal koefisien produksi dan vektor EROEI mendukung penyelesaian sosial yang menyediakan peningkatan standar hidup sekaligus menahan efek hiper-finansialisasi. Pergeseran awal untuk mengatasi kondisi eksistensi informasi yang layak menandai intervensi lain yang dapat meredakan kebutuhan sistemik finansialisasi sebagai respons terhadap ketidaksesuaian antara irama produksi dan kecepatan realisasi.

BAB 9

PEMBANGUNAN TIONGKOK DALAM SEV

9.1 PENDAHULUAN

Memahami lintasan pembangunan Tiongkok membutuhkan langkah melampaui kerangka konvensional yang berfokus sempit pada rasio investasi terhadap PDB, perilaku tabungan rumah tangga, atau keseimbangan siklus penawaran dan permintaan. Pendekatan ini sering memperlakukan pertumbuhan sebagai fungsi agregat moneter abstrak atau sebagai hasil dari pasar yang beroperasi secara terisolasi dari kendala material. Sebaliknya, kerangka SEV memperlakukan aktivitas ekonomi sebagai sesuatu yang secara inheren tertanam dalam proses material dan energi. Harga, keuntungan, dan kredit bukan hanya variabel keuangan; itu adalah instrumen yang mengalokasikan surplus, mengkoordinasikan aktivitas produktif, dan memediasi transformasi energi menjadi output yang dapat digunakan secara sosial. Dengan menempatkan dinamika ekonomi dalam konteks termodinamika dan struktural ini, SEV memungkinkan pemahaman yang lebih kaya tentang pertumbuhan, distribusi, dan peningkatan industri dalam jangka waktu yang panjang.

Tiongkok memberikan studi kasus yang sangat instruktif untuk pendekatan ini. Selama beberapa dekade terakhir, negara ini telah mengatur kombinasi stabilitas harga hulu, alokasi surplus yang disiplin, rotasi sektoral, dan ekspansi kredit strategis yang bersama-sama mendukung pertumbuhan kumulatif yang didorong oleh permintaan. Harga hulu di bidang energi, transportasi, dan input industri sebagian diatur, namun terus disesuaikan melalui pasar dan kebijakan persaingan untuk mencegah penangkapan rente yang berkelanjutan. Surplus dimodulasi secara sistematis: keuntungan ditahan untuk membiayai investasi, upah naik seiring dengan produktivitas, dan kredit diarahkan ke sektor-sektor yang mampu meningkatkan koefisien produksi dan meningkatkan efisiensi energi. Konfigurasi ini menghasilkan siklus yang saling memperkuat di mana investasi, pertumbuhan upah, dan peningkatan produktivitas saling mendukung daripada bertentangan.

Dinamika manufaktur dan asimetri sektoral sangat penting untuk memahami pengalaman Tiongkok. Manufaktur menunjukkan peningkatan pengembalian yang kuat, efek belajar sambil melakukan, dan limpahan antar sektor. Mekanisme Kaldorian ini memperkuat kausalitas kumulatif: peningkatan output menurunkan biaya per unit, meningkatkan daya saing, dan memperluas surplus energi yang tertanam dalam produksi. Ketika dikombinasikan dengan logika supermultiplier dari permintaan otonom, peningkatan produktivitas yang dipimpin oleh manufaktur menstabilkan sistem yang lebih luas. Bersamaan dengan itu, fondasi energi pertumbuhan - yang berakar pada batu bara untuk stabilitas awal, peningkatan skala energi terbarukan untuk ekspansi, dan investasi jaringan untuk integrasi - memastikan bahwa basis material surplus tetap sejalan dengan aliran ekonomi nominal dan riil yang berkembang. Dengan demikian, harga energi yang murah dan peningkatan efisiensi muncul sebagai prasyarat struktural untuk perluasan nilai tukar sistemik dan stabilitas makroekonomi jangka panjang.

Bab ini menelusuri interaksi elemen-elemen ini dalam pengalaman pembangunan Tiongkok. Dengan menghubungkan kaskade harga hulu Sraffian, penutupan supermultiplier, kausalitas kumulatif Kaldorian, dan manajemen surplus yang diinformasikan secara termodinamika, bab ini menyajikan lensa analitik yang koheren yang mengintegrasikan produksi, energi, dan desain kelembagaan. Dengan demikian, bab ini menunjukkan bahwa pertumbuhan Tiongkok bukan hanya produk dari tabungan yang tinggi, intervensi negara, atau intensitas investasi, tetapi hasil dari proses yang disiplin, berlandaskan material, dan dimediasi secara kelembagaan di mana dimensi ekonomi, energi, dan sosial berkembang dalam dinamika yang saling memperkuat dan berkelanjutan. Bagian-bagian selanjutnya mengkaji kerangka teoritis, fase supermultiplier, kausalitas kumulatif dalam manufaktur, kendala energi dan termodinamika, serta implikasi yang lebih luas dari konfigurasi sistemik ini untuk memahami pertumbuhan berkelanjutan yang didorong oleh permintaan.

Kerangka konseptual ini secara alami mengarah pada eksposisi yang lebih formal tentang landasan teoritis yang mendasari pengalaman pembangunan Tiongkok. Pada bagian berikut, kita meninjau kembali teori harga dan produksi Sraffian, bukan sebagai latihan abstrak, tetapi sebagai alat untuk memahami bagaimana harga hulu mengalir melalui perekonomian, membentuk koefisien produksi hilir dan distribusi surplus. Kemudian kita mengintegrasikannya dengan perspektif nilai tukar sistemik, menyoroti bagaimana kendala termodinamika, efisiensi energi, dan transformasi koefisien mengkondisikan pertumbuhan yang dipimpin permintaan. Dengan menempatkan wawasan teoritis ini dalam kerangka supermultiplier, kita membangun jembatan analitik antara kondisi struktural, dinamika sektoral, dan substrat energi yang bersama-sama memungkinkan ekspansi kumulatif, disiplin, dan berkelanjutan yang diamati dalam lintasan pembangunan Tiongkok.

Untuk memahami mekanisme yang mendasari lintasan pembangunan Tiongkok, pertama-tama kita membangun kerangka teoritis yang akan memandu analisis selanjutnya. Ini melibatkan tiga komponen yang saling terkait. Pertama, kita secara singkat mengulas kembali kerangka SEV, yang menempatkan arus ekonomi dalam realitas material dan energi produksi, menekankan bahwa aktivitas ekonomi dibatasi secara termodinamis dan bahwa ekspansi surplus bergantung pada peningkatan efisiensi energi (EROEI) di seluruh produksi dan penggunaan. Kedua, kita meninjau teori produksi dan harga Sraffian yang menyediakan kerangka kerja untuk memahami bagaimana harga hulu menyebar melalui perekonomian, membentuk koefisien input-output, margin keuntungan, dan distribusi struktural surplus. Ketiga, kerangka supermultiplier menghubungkan pertumbuhan permintaan otonom, ekspansi kredit, dan transformasi koefisien, menunjukkan bagaimana investasi dan konsumsi yang berkelanjutan dapat mendorong pertumbuhan kumulatif yang dipimpin permintaan tanpa pergeseran inflasi. Bersama-sama, lensa teoretis ini menetapkan alat analitik yang diperlukan untuk memeriksa pengalaman Tiongkok, memungkinkan kita untuk menelusuri interaksi antara asimetri sektoral, disiplin surplus, strategi energi, dan kausalitas kumulatif dalam kerangka kerja yang koheren dan terintegrasi.

9.2 NILAI TUKAR SISTEMIK & PEMBANGUNAN

SEV (Systemic Exchange Value) memberikan landasan konseptual untuk bab ini. SEV membingkai ulang pembangunan bukan sebagai hasil dari efisiensi alokatif, penyesuaian harga, atau "kualitas" kelembagaan, tetapi sebagai konstruksi, perluasan, dan stabilisasi yang disengaja dari sistem nilai guna dan hubungan pertukaran yang koheren di seluruh domain energi, produksi, distribusi, dan informasi. Dalam pengertian ini, SEV bukanlah teori harga atau teori pertumbuhan secara terpisah; ini adalah klaim ontologis tentang apa itu ekonomi dan bagaimana pembangunan berlangsung.

Pada intinya, SEV memperlakukan nilai sebagai properti yang muncul dari suatu sistem, bukan sebagai karakteristik komoditas atau transaksi yang terisolasi. Nilai dihasilkan dan dipertahankan melalui kepadatan, keandalan, dan skalabilitas hubungan produksi dan sirkulasi yang menghubungkan unit-unit produktif menjadi satu kesatuan yang terintegrasi. Oleh karena itu, pembangunan terdiri dari peningkatan cakupan, kedalaman, dan ketahanan proses dan hubungan ini - baik di dalam negeri maupun, secara selektif, internasional - sehingga menciptakan peningkatan nilai guna untuk unit energi yang dimobilisasi.

Perspektif ini segera menggantikan kerangka analitis arus utama yang biasanya diterapkan pada Tiongkok. Narasi tentang "investasi berlebihan," "kapasitas berlebih," "konsumsi kurang," atau "penekanan pendapatan rumah tangga" mengasumsikan ekonomi yang diatur oleh tolok ukur keseimbangan dan agen representatif, di mana penyimpangan dari rasio optimal yang diasumsikan menandakan distorsi. SEV menolak tolok ukur ini sepenuhnya. Pertanyaan yang relevan bukanlah apakah investasi atau kapasitas melebihi norma konsumsi abstrak tertentu, tetapi apakah investasi meningkatkan kapasitas penciptaan nilai sistem - dengan meningkatkan koefisien produksi, mengurangi biaya koordinasi, memperdalam rantai pasokan, dan menstabilkan surplus produksi dari waktu ke waktu.

Dari sudut pandang SEV, tingkat investasi tinggi yang berkelanjutan di Tiongkok bukanlah anomali tetapi fungsional. Hal ini mencerminkan strategi pembangunan sistem: membangun jaringan logistik, sistem energi, infrastruktur perkotaan, ekosistem industri, dan arsitektur informasi yang memperluas kapasitas ekonomi untuk mempertahankan hubungan pertukaran kompleks yang didukung oleh nilai guna yang terus meningkat. Apa yang tampak sebagai "kapasitas berlebih" jika dilihat melalui lensa keseimbangan parsial lebih tepat dipahami sebagai kapasitas sistemik laten yang menjadi jangkar permintaan di masa depan, memungkinkan konfigurasi ulang yang cepat, dan menstabilkan dinamika pertumbuhan jangka panjang. Bagaimanapun, kapasitas mendukung ketersediaan kelimpahan relatif, yang merupakan prasyarat utama untuk penurunan harga.

SEV juga menyediakan lensa yang jelas untuk menafsirkan pola pendapatan dan tabungan rumah tangga di Tiongkok. Meningkatnya tabungan rumah tangga bukanlah "misteri," atau bukti penekanan konsumsi, tetapi hasil yang dapat diprediksi dari pertumbuhan pendapatan riil yang cepat dalam kondisi peningkatan efisiensi penyediaan. Seiring dengan peningkatan koefisien produksi - melalui energi yang lebih murah, logistik yang lebih baik, penyediaan perumahan, dan layanan publik - kebutuhan marginal untuk berbelanja menurun

bahkan ketika pendapatan meningkat. Tabungan, dalam konteks ini, bukanlah kebocoran dari permintaan tetapi residu dalam sistem sirkulasi, yang secara efektif memungkinkan rumah tangga untuk memperlancar konsumsi, mengurangi ketergantungan pada kredit sebagai sarana penghidupan dan menyerap ketidakpastian tanpa mengganggu pertumbuhan.

Yang terpenting, SEV mengintegrasikan kendala termodinamika dan informasi secara langsung ke dalam analisis nilai. Sistem pertukaran didasarkan pada material: mereka membutuhkan aliran energi, infrastruktur fisik, dan kapasitas ekologis. Lintasan pembangunan Tiongkok ditandai dengan upaya eksplisit untuk mengamankan dan menurunkan biaya input energi, memperluas kapasitas jaringan dan transportasi, serta mengurangi biaya material sirkulasi. Energi tidak diperlakukan sebagai input eksternal yang harganya diterima secara pasif, tetapi sebagai fondasi strategis nilai, tanpanya ekspansi sistem akan terhenti.

Sama pentingnya adalah dimensi informasi. Sistem pertukaran skala besar membutuhkan mekanisme koordinasi yang mampu menggabungkan sinyal, mengoreksi kesalahan, dan memandu investasi dalam kondisi ketidakpastian. Perencanaan, kebijakan industri, dan koordinasi keuangan di sini berfungsi bukan sebagai pengganti pasar, tetapi sebagai perangkat informasi tingkat sistem. Mereka menstabilkan ekspektasi, mengurangi kegagalan koordinasi, dan memungkinkan ekspansi likuiditas untuk disalurkan ke arah peningkatan kapasitas produktif daripada perputaran spekulatif.

Di sinilah SEV paling berbeda dari pandangan institusionalis atau yang berpusat pada tata kelola tentang Tiongkok. Fokusnya bukan pada "kapasitas negara" secara abstrak, tetapi pada peran fungsional lembaga dalam mempertahankan koherensi sirkulasi. Lembaga dievaluasi berdasarkan apakah mereka memperluas kapasitas ekonomi untuk mempertahankan hubungan produksi dan pertukaran yang padat dan berkualitas tinggi dari waktu ke waktu, bukan berdasarkan apakah mereka sesuai dengan norma pasar yang ideal. Dalam kerangka ini, keuntungan menempati peran sentral tetapi dibatasi dengan cermat. Keuntungan bukanlah sinyal kelangkaan atau imbalan untuk produktivitas marginal; keuntungan adalah klaim distribusi atas surplus sistem, yang dimodulasi untuk memastikan perluasan kapasitas produksi dan pertukaran yang berkelanjutan. Masalah kebijakan yang kritis bukanlah maksimalisasi keuntungan, tetapi alokasi keuntungan: menentukan di mana surplus harus terakumulasi untuk mendukung pertumbuhan pendapatan riil, peningkatan teknologi, dan ketahanan sistem.

Pengalaman pembangunan Tiongkok menunjukkan bahwa keuntungan telah secara aktif didisiplinkan dan dialihkan di berbagai sektor untuk mencapai tujuan ini. Periode profitabilitas tinggi di bidang manufaktur dan infrastruktur ditoleransi - dan seringkali didorong - di mana hal itu mendukung pembelajaran, skala ekonomi, dan pendalaman rantai pasokan. Sebaliknya, ketika akumulasi surplus terlepas dari ekspansi sistem produktif, seperti pada segmen booming properti antara sekitar tahun 2015 dan 2020, ketegangan muncul. Dari perspektif SEV, episode ini dapat diinterpretasikan bukan sebagai kegagalan model itu sendiri, tetapi sebagai mekanisme penyerapan surplus yang menyimpang yang untuk sementara mengalihkan likuiditas dari peningkatan pertukaran produktif menuju inflasi aset, sebelum akhirnya dikendalikan.

SEV dengan demikian memberikan narasi yang koheren yang melaluinya lintasan jangka panjang Tiongkok dapat dipahami: ekspansi likuiditas yang dikalibrasi sesuai kebutuhan sistem; keuntungan dimodulasi untuk mempertahankan koherensi produktif; pendapatan rumah tangga meningkat seiring dengan, bukan bertentangan dengan, investasi; dan kebijakan berfungsi sebagai sarana untuk mempertahankan kepadatan produksi dan pertukaran daripada menegakkan beberapa gagasan teoritis tentang optimalitas alokatif.

Namun, SEV saja tidak memberikan disiplin analitis yang diperlukan untuk memeriksa bagaimana surplus dihasilkan dan didistribusikan di seluruh struktur produksi konkret. Untuk ini, kita beralih ke kerangka kerja Sraffian.

9.3 RANTAI PASOK & SURPLUS TIONGKOK

Jika SEV memberikan lensa tingkat tinggi pada jaringan dan aliran produksi dan sirkulasi sistemik, kita beralih ke kerangka rantai pasokan yang terinspirasi oleh Sraffa karena memperlakukan ekonomi sebagai sistem proses produksi yang saling bergantung, bukan sebagai kumpulan agen pengoptimal yang dimediasi oleh pasar. Harga, keuntungan, dan upah muncul dari kondisi teknis produksi dan distribusi sosial surplus, bukan dari penyesuaian marginal di tingkat pasar individu.

Pendekatan rantai pasokan bersarang ini sangat cocok untuk menganalisis pengalaman pembangunan Tiongkok, di mana tantangan utamanya adalah koordinasi sistem produksi yang luas dan terintegrasi secara vertikal, yang mencakup energi, industri berat, manufaktur, logistik, dan layanan yang semakin canggih. Dari sudut pandang jaringan rantai pasokan bersarang, ekonomi Tiongkok dapat dikonseptualisasikan sebagai sistem input-output skala besar di mana setiap sektor menghasilkan output dan mengkonsumsi input yang diproduksi di tempat lain. Kelayakan sistem bergantung pada apakah surplus yang dihasilkan cukup - dan didistribusikan dengan tepat - untuk mereproduksi dan memperluas struktur produksi dari waktu ke waktu. Harga bukanlah sinyal kelangkaan *itu sendiri*, melainkan rasio akuntansi yang memastikan reproduktibilitas sistem mengingat distribusi surplus yang dipilih antara upah dan keuntungan.

Hal ini segera mengubah kerangka pertanyaan tentang profitabilitas di Tiongkok. Isunya bukanlah apakah tingkat keuntungan "terlalu tinggi" atau "terlalu rendah" dalam pengertian agregat tertentu, tetapi apakah perbedaan keuntungan antar sektor konsisten dengan reproduksi dan peningkatan matriks produksi. Toleransi Tiongkok yang sudah lama terhadap profitabilitas yang relatif rendah di sektor hulu tertentu - khususnya energi, transportasi, dan bahan baku - dapat dipahami sebagai pilihan yang disengaja untuk menurunkan harga input utama dan dengan demikian meningkatkan upah riil dan produktivitas hilir. Dalam pengertian ini, perusahaan milik negara (BUMN) memainkan peran penstabil struktural yang sering disalahpahami. Alih-alih menjadi anomali yang tidak efisien, banyak BUMN berfungsi sebagai simpul perata keuntungan dan pengatur harga dalam sistem produksi. Dengan menerima tingkat pengembalian yang lebih rendah, mereka mengurangi tekanan biaya di tempat lain, memungkinkan pendapatan riil yang lebih tinggi dan mendukung kelangsungan kegiatan hilir

yang lebih kompleks. Hal ini sepenuhnya konsisten dengan logika Sraffian di mana tingkat keuntungan adalah variabel distribusi, bukan keniscayaan teknologi.

Setelah harga hulu ditetapkan, baik melalui tolok ukur yang diatur, persaingan yang disiplin, atau kombinasi keduanya, harga tersebut pasti akan mengalir melalui sistem produksi, mengondisikan biaya hilir, harga, dan koefisien produksi yang layak dengan cara yang tepat seperti yang diantisipasi oleh kerangka kerja rantai pasokan kita. Ini bukanlah efek insidental tetapi merupakan properti struktural yang menentukan dari ekonomi produksi yang saling bergantung. Dalam sistem seperti itu, harga output setiap sektor masuk sebagai biaya input untuk sektor lain. Oleh karena itu, harga bukanlah variabel independen yang menyesuaikan secara lokal untuk pasar yang bersih, tetapi parameter sistemik yang membentuk seluruh struktur biaya produksi. Keputusan yang diambil di simpul hulu - energi, bahan dasar, transportasi, keuangan, dan lahan - menyebar ke seluruh perekonomian, memengaruhi kelayakan, profitabilitas, dan skala kegiatan hilir.

Logika berjenjang ini sangat penting untuk memahami strategi pembangunan Tiongkok. Dengan memprioritaskan disiplin harga di sektor hulu dan infrastruktur, sistem ini secara efektif menambatkan basis biaya ekonomi secara keseluruhan. Harga yang stabil atau menurun untuk energi, logistik, input industri, dan infrastruktur perkotaan menurunkan biaya produksi di seluruh sektor manufaktur dan jasa, memungkinkan peningkatan koefisien produksi hilir tanpa memerlukan kompresi upah atau inflasi keuntungan yang berkelanjutan. Dari perspektif SEV, mekanisme ini sangat penting untuk perluasan nilai tukar sistemik. Harga hulu yang lebih rendah meningkatkan kepadatan dan kelayakan hubungan pertukaran hilir, memungkinkan jaringan produksi yang lebih kompleks untuk muncul dan bertahan. Apa yang tampak, dalam analisis parsial, sebagai "intervensi" harga, pada tingkat sistem, adalah cara untuk merekayasa koherensi di seluruh matriks produksi.

Interpretasi termodinamika memperkuat poin ini. Sektor hulu biasanya adalah sektor yang memiliki pengaruh terbesar pada profil energi sistem. Pembangkitan energi, transportasi, dan industri berat menetapkan kondisi EROEI dasar untuk seluruh perekonomian. Ketika harga di sektor-sektor ini mencerminkan peningkatan efisiensi energi - melalui skala, teknologi, atau investasi infrastruktur - peningkatan efisiensi tersebut ditransmisikan ke hilir melalui biaya energi terwujud yang lebih rendah. Dengan demikian, harga berfungsi sebagai vektor untuk mendistribusikan produktivitas energi di seluruh sistem. Sebaliknya, jika harga hulu dibiarkan naik karena penangkapan rente, kekuatan pasar, atau finansialisasi, efeknya bersifat multiplikatif. Produsen hilir menghadapi biaya yang lebih tinggi, margin yang lebih sempit, dan kapasitas yang berkurang untuk berinvestasi dalam peningkatan kualitas. Upah riil berada di bawah tekanan, bukan karena tenaga kerja tidak produktif, tetapi karena struktur biaya penyediaan telah memburuk. Dalam keadaan seperti itu, kendala pertumbuhan muncul yang tidak dapat diselesaikan hanya melalui stimulasi permintaan.

Logika berjenjang ini juga memperjelas peran modulasi keuntungan. Dengan membatasi margin keuntungan di sektor hulu dan sektor yang menjadi hambatan—seringkali melalui persaingan yang diatur atau kepemilikan publik—sistem tersebut mempertahankan ruang untuk menghasilkan surplus di hilir, di mana pembelajaran melalui praktik, peningkatan

pengembalian, dan disiplin ekspor lebih menonjol. Seiring waktu, seiring sektor hilir menjadi matang dan persaingan semakin intensif, surplus semakin disosialisasikan melalui harga yang lebih rendah dan upah riil yang lebih tinggi.

Pendekatan Tiongkok dapat dipahami sebagai penataan strategis pembentukan harga: harga hulu distabilkan dan didisiplinkan terlebih dahulu, menciptakan lingkungan biaya yang kondusif untuk ekspansi berbasis luas; harga dan keuntungan hilir kemudian menyesuaikan diri dalam kerangka ini, mentransmisikan peningkatan produktivitas ke rumah tangga dan memperkuat pertumbuhan pendapatan riil. Sistem ini memilih distribusi surplus dan struktur harga yang membuat matriks produksi yang berkembang dapat direproduksi dan diperluas. Dalam istilah SEV, proses ini memperbesar kapasitas produktif dan sirkulasi sistem, memperdalam integrasi rantai pasokan, dan mempertahankan pembangunan jangka panjang tanpa bergantung pada deprivasi relatif berkelanjutan atau penekanan permintaan.

Dilihat dari sudut pandang ini, kaskade harga bukanlah distorsi yang harus dikoreksi, tetapi mekanisme yang harus diatur. Pengalaman pembangunan Tiongkok menggambarkan bagaimana disiplin harga hulu - yang dicapai melalui kombinasi administrasi, persaingan, dan intervensi regulasi - dapat mengkondisikan seluruh sistem dengan cara yang mendukung pertumbuhan produktivitas, peningkatan pendapatan riil, dan ketahanan sistemik. Dalam kerangka SEV gabungan yang diadopsi di sini, harga memainkan peran yang lebih sederhana dan lebih mengungkapkan daripada dalam teori arus utama. Harga bukanlah sinyal penyeimbang yang dihasilkan oleh utilitas marjinal, juga bukan artefak administratif yang sepenuhnya sewenang-wenang. Sebaliknya, harga berfungsi sebagai indikator tingkat sistem dari kelangkaan dan kelimpahan relatif, yang dibentuk oleh struktur produksi, kekuatan kelembagaan, dan kendala energi.

Sintesis Galbraith-Sraffa yang dibahas sebelumnya sangat berguna dalam mengklarifikasi peran ini. Dari perspektif Sraffa, harga muncul dari kondisi teknis produksi dan distribusi surplus yang dipilih. Harga memastikan reproduksibilitas sistem produksi mengingat koefisien input-output yang berlaku dan tingkat keuntungan yang ditentukan secara sosial. Dari perspektif ini, harga *diatur*, distabilkan, dan dikelola secara strategis dalam organisasi dan sektor yang besar dan kompleks, terutama di mana ketidakpastian, skala, dan cakupan investasi jangka panjang mendominasi. Secara keseluruhan, sintesis ini menunjukkan bahwa harga seharusnya tidak dibaca sebagai sinyal optimasi alokatif, tetapi sebagai diagnostik kendala sistemik yang dapat diinterpretasikan dalam istilah material dan termodinamika.

Dalam kerangka SEV, kelangkaan bukanlah terutama masalah preferensi subjektif atau endowmen relatif, tetapi efisiensi energi. Barang dan jasa yang langka dalam suatu sistem pertukaran cenderung menunjukkan karakteristik berikut:

- $EROEI_p$ yang lebih rendah: dibutuhkan lebih banyak energi dan input material per unit output; dan
- $EROEI_u$ yang lebih rendah: layanan yang diberikan menghasilkan manfaat fungsional yang lebih rendah per unit energi yang terkandung.

Harga yang lebih tinggi, dalam hal ini, menandakan bahwa suatu barang atau jasa tidak efisien secara energi relatif terhadap norma sistem, baik karena proses produksinya secara teknis

belum matang atau padat input; rantai pasokannya terfragmentasi, kurang terkoordinasi atau infrastrukturnya minim; atau nilai gunanya terbatas relatif terhadap energi yang terkandung dalam produksi dan sirkulasinya. Sebaliknya, barang yang berlimpah adalah barang yang produksi dan penggunaannya efisien secara energi: proses EROEI tinggi yang tertanam dalam rantai pasokan yang padat dan terkoordinasi dengan baik. Harganya cenderung turun seiring waktu, bukan karena permintaan runtuh, tetapi karena nilai tukar sistemik telah meluas, menurunkan biaya energi dan informasi penyediaan.

Interpretasi ini selaras dengan lintasan pembangunan Tiongkok. Upaya kebijakan yang berkelanjutan telah diarahkan untuk menurunkan harga barang-barang yang secara sistemik mendasar - energi, transportasi, logistik, dan barang-barang konsumsi manufaktur - bukan melalui penekanan harga itu sendiri, tetapi melalui peningkatan berkelanjutan dalam koefisien produksi dan infrastruktur pertukaran. Penurunan atau stabilitas harga di bidang-bidang ini paling baik dipahami sebagai indikator peningkatan efisiensi energi dan peningkatan kepadatan pertukaran.

Dalam sistem besar yang padat modal, harga sering kali diatur justru karena volatilitas harga yang tidak terkoordinasi akan merusak reproduksi sistem. Infrastruktur, energi, dan sektor industri hulu tidak dapat diatur oleh penetapan harga kelangkaan jangka pendek tanpa mengganggu produksi hilir dan pendapatan riil rumah tangga. Penggunaan harga yang diatur atau dipandu secara luas oleh Tiongkok - khususnya di bidang energi, transportasi, tanah, dan keuangan - dengan demikian mencerminkan upaya untuk menyelaraskan sinyal harga dengan efisiensi sistem jangka panjang, daripada kelangkaan jangka pendek. Harga distabilkan pada tingkat yang memungkinkan:

- Struktur biaya yang dapat diprediksi untuk produsen hilir;
- Peningkatan upah riil untuk rumah tangga; dan
- Investasi berkelanjutan dalam perluasan kapasitas dan peningkatan teknologi.

Dari perspektif SEV, ini bukanlah distorsi. Ini adalah respons rasional terhadap realitas bahwa harga adalah variabel sistem, bukan sekadar hasil pasar.

Menginterpretasikan harga secara termodinamika juga memperjelas sifat keuntungan dalam sistem Tiongkok. Di mana harga tetap tinggi meskipun produksi skala besar, ini sering menunjukkan adanya hambatan energi atau koordinasi; misalnya, kendala lahan, kemacetan jaringan, atau kematangan teknologi yang belum sempurna. Keuntungan di sektor-sektor tersebut dapat dipahami sebagai sewa energi sementara, yang mencerminkan kebutuhan sistem untuk memobilisasi sumber daya guna mengatasi kendala-kendala ini. Namun, di mana keuntungan tetap ada tanpa peningkatan yang sesuai dalam efisiensi energi atau kapasitas pertukaran, ketegangan muncul. Ledakan properti pertengahan tahun 2010-an memberikan ilustrasi yang berguna. Kenaikan harga properti bukanlah sinyal utama kelangkaan energi dalam penyediaan perumahan itu *sendiri*, tetapi lebih kepada dinamika kelembagaan dan keuangan yang memungkinkan surplus untuk dikapitalisasi menjadi lahan dan aset. Dalam istilah termodinamika, harga naik tanpa peningkatan yang sepadan dalam $EROEI_u$, yang menunjukkan ketidaksesuaian antara sinyal harga dan nilai tukar sistemik. Koreksi kebijakan

selanjutnya dapat diinterpretasikan sebagai upaya untuk memulihkan koherensi antara harga, keuntungan, dan efisiensi produktif.

Kerangka kerja ini juga membantah klaim arus utama bahwa Tiongkok menekan konsumsi rumah tangga melalui harga yang terdistorsi. Sebaliknya, penurunan berkelanjutan dalam harga relatif barang manufaktur, jasa energi, dan jasa yang didukung infrastruktur mencerminkan terciptanya kelimpahan, bukan penolakannya. Pendapatan riil rumah tangga meningkat bukan hanya karena upah nominal meningkat, tetapi karena biaya energi dan koordinasi penyediaan menurun. Dalam pengertian ini, sistem harga Tiongkok telah berfungsi sebagai mekanisme untuk mensosialisasikan peningkatan produktivitas, menerjemahkan peningkatan koefisien produksi menjadi peningkatan standar hidup riil. Akumulasi tabungan mengikuti secara alami dari proses ini: ketika rumah tangga mengalami kelimpahan di domain penyediaan inti, pendapatan tambahan tidak perlu segera dibelanjakan untuk mempertahankan atau meningkatkan kondisi hidup.

Singkatnya, dalam sintesis SEV kami, harga harus diinterpretasikan sebagai sinyal termodinamika dan sistemik, bukan perintah alokatif. Harga mencerminkan efisiensi energi relatif, kualitas koordinasi, dan pilihan distribusi surplus dalam sistem produksi yang kompleks. Pengalaman pembangunan Tiongkok menunjukkan bahwa pengelolaan harga—alih-alih pemujaan harga—telah menjadi kunci untuk memperluas nilai tukar sistemik, mempertahankan pertumbuhan, dan menghasilkan peningkatan pendapatan riil yang luas. Interpretasi ini akan menjadi lebih menonjol di bagian selanjutnya, di mana kerangka kerja supermultiplier menunjukkan bagaimana struktur harga dan keuntungan yang stabil mendukung pertumbuhan yang didorong oleh permintaan, dan di mana energi dan informasi ditunjukkan sebagai fondasi bagi dinamika jangka panjang ekspansi sistem.

Adapun distribusi keuntungan, sektor-sektor yang mampu mencapai peningkatan produktivitas yang cepat dan pembelajaran melalui praktik—terutama manufaktur, dan akhir-akhir ini manufaktur teknologi tinggi—telah diizinkan, pada berbagai titik, untuk memperoleh keuntungan yang lebih tinggi. Keuntungan ini bukanlah tujuan akhir, tetapi mekanisme untuk membiayai perluasan kapasitas, peningkatan teknologi, dan pendalaman rantai pasokan. Seiring waktu, seiring dengan peningkatan koefisien produksi dan intensifikasi tekanan kompetitif, margin keuntungan ini tertekan, dengan keuntungan yang semakin mengalir ke upah dan harga yang lebih rendah. Hasilnya adalah pertumbuhan berkelanjutan dalam pendapatan rumah tangga riil, bukan penekanannya.

Perspektif ini secara langsung menantang narasi arus utama tentang kurangnya konsumsi. Dalam sistem rantai pasokan SEV yang bertingkat, kenaikan upah riil sangat kompatibel dengan investasi tinggi dan tabungan tinggi, asalkan surplus didistribusikan dengan cara yang mendukung reproduksi sistem. Pengalaman Tiongkok menunjukkan hal ini: upah riil meningkat seiring dengan keuntungan dalam nilai absolut, bahkan ketika pangsa keuntungan berfluktuasi secara siklik dan sektoral.

Ekspansi likuiditas, dalam kerangka ini, dapat dipahami sebagai cara untuk sementara melonggarkan kendala keuangan untuk memungkinkan sistem produksi bergerak ke tingkat teknis yang lebih tinggi. Pertumbuhan kredit telah digunakan untuk membiayai peningkatan

koefisien produksi - misalnya, mesin yang lebih baik, infrastruktur, logistik, dan sistem energi - daripada untuk mempertahankan konsumsi di luar kapasitas produktif. Ketika likuiditas mengalir secara tidak proporsional ke pasar aset, seperti selama booming properti pada pertengahan hingga akhir tahun 2010-an, ketegangan muncul karena klaim surplus terlepas dari reproduksi produktif. Respons kebijakan selanjutnya dapat diinterpretasikan sebagai upaya untuk menyelaraskan kembali aliran keuangan dengan struktur produksi yang mendasarinya.

Yang penting, lensa rantai pasokan bersarang SEV juga menjelaskan mengapa pertumbuhan China tidak dapat dipahami secara memadai melalui analisis sektor parsial. Kinerja sektor tertentu bergantung pada posisinya dalam matriks produksi yang lebih luas. Profitabilitas manufaktur, misalnya, tidak dapat dipisahkan dari harga energi, biaya transportasi, kebijakan lahan, dan kondisi keuangan. Upaya untuk mengisolasi "kesalahan alokasi" di satu sektor tanpa mengacu pada saling ketergantungan sistemik sepenuhnya mengabaikan logika model tersebut. Dengan menyoroti saling ketergantungan produksi dan distribusi surplus, kerangka kerja kami menyediakan disiplin struktural yang diperlukan untuk memahami strategi pembangunan China. Ini menunjukkan bagaimana keuntungan telah dimodulasi secara aktif - bukan dihilangkan, tetapi diorganisir secara sosial - untuk mendukung peningkatan pendapatan riil, peningkatan kapasitas produktif yang berkelanjutan, dan perluasan nilai tukar sistemik.

Secara keseluruhan, SEV memungkinkan kita untuk mengkonseptualisasikan ekonomi China bukan sebagai sistem pasar yang terdistorsi yang berjuang melawan inefisiensinya sendiri, tetapi sebagai sistem produksi-pertukaran yang dibangun secara sengaja, yang berorientasi pada ekspansi dan ketahanan jangka panjang. Bagian-bagian selanjutnya dari bab ini akan dibangun di atas fondasi ini, menunjukkan bagaimana supermultiplier Sraffian memberikan penutupan pertumbuhan, bagaimana dinamika Kaldorian menjelaskan kausalitas kumulatif, dan bagaimana energi dan informasi berfungsi sebagai substrat material dan kognitif dari nilai pertukaran sistemik.

9.4 PENUTUPAN SUPERMULTIPLIER

Kerangka supermultiplier menyediakan penutupan teoretis pertumbuhan untuk pendekatan nilai tukar sistemik yang telah dikembangkan hingga saat ini. Kerangka ini menjelaskan bagaimana ekonomi yang dicirikan oleh produksi yang saling bergantung, persaingan yang teratur, dan struktur harga yang berjenjang dapat mempertahankan pertumbuhan yang dipimpin oleh permintaan tanpa pergeseran inflasi yang terus-menerus atau pemanfaatan kapasitas yang kronis. Inti dari penutupan ini adalah peran stabilitas harga hulu.

Dalam sistem supermultiplier Sraffian, pertumbuhan jangka panjang ditopang oleh perluasan permintaan otonom; yaitu, permintaan yang tidak bergantung langsung pada pendapatan saat ini, seperti investasi infrastruktur, pengeluaran publik strategis, ekspor, atau investasi swasta yang dipandu kebijakan melalui perluasan kredit. Kapasitas produktif menyesuaikan diri secara endogen terhadap permintaan ini, sementara tingkat pemanfaatan

kapasitas konvergen menuju tingkat "normal" dari waktu ke waktu. Namun, konvergensi ini tidak otomatis. Hal ini sangat bergantung pada lingkungan biaya dan harga di mana keputusan investasi dan produksi dibuat.

Stabilitas harga hulu adalah kunci utamanya. Karena harga hulu berdampak pada sistem produksi, harga tersebut memengaruhi biaya hilir, margin keuntungan, dan ekspektasi laba. Jika harga energi, material, transportasi, tanah, atau keuangan berfluktuasi atau mengalami peningkatan yang didorong oleh rente, ekspansi permintaan otonom cenderung menghasilkan tekanan inflasi daripada pertumbuhan output riil. Investasi akan menjadi defensif atau spekulatif, dan mekanisme supermultiplier akan gagal memberikan pertumbuhan yang stabil. Sebaliknya, ketika harga hulu terkendali dan dapat diprediksi, permintaan otonom dapat berkembang tanpa mengganggu stabilitas sistem. Perusahaan mampu merencanakan ekspansi kapasitas berdasarkan utilisasi normal yang diharapkan dan struktur biaya yang stabil. Investasi merespons pertumbuhan permintaan bukan dengan menaikkan harga, tetapi dengan memperdalam jaringan produksi dan meningkatkan koefisien. Dengan cara ini, disiplin harga hulu memberikan jangkang nominal yang memungkinkan supermultiplier beroperasi secara riil.

Penekanan SEV pada reproduksi sistemik dapat dipahami dalam konteks ini. Masalahnya bukan hanya menghindari kelebihan permintaan dalam jangka pendek, tetapi juga pelestarian reproduksibilitas sistem seiring pertumbuhan permintaan dan evolusi koefisien produksi. Harga hulu yang stabil memastikan bahwa matriks produksi yang berkembang tetap layak mengingat distribusi surplus yang dipilih antara upah dan keuntungan. Hal ini memungkinkan upah riil meningkat seiring dengan produktivitas tanpa menekan keuntungan di bawah tingkat yang konsisten dengan investasi berkelanjutan.

Dari perspektif SEV, penutupan ini dapat dinyatakan kembali secara lebih mendasar. Ekspansi permintaan otonom meningkatkan skala dan kepadatan hubungan pertukaran. Agar ekspansi ini diterjemahkan menjadi nilai tukar sistemik yang berkelanjutan, biaya energi dan informasi penyediaan tidak boleh meningkat lebih cepat daripada kapasitas produksi dan sirkulasi itu sendiri. Stabilitas harga hulu menandakan bahwa kondisi ini terpenuhi: hal ini menunjukkan bahwa peningkatan EROEI, logistik, koordinasi, dan teknologi sejalan dengan pertumbuhan permintaan.

Interpretasi termodinamika memperkuat poin ini. Pertumbuhan yang dipimpin permintaan hanya bersifat inflasi ketika menghadapi kendala energi yang mengikat. Di mana sektor hulu berhasil menurunkan biaya energi yang terkandung melalui skala, infrastruktur, dan peningkatan teknologi, ekspansi permintaan diserap melalui peningkatan nyata dalam output dan kepadatan pertukaran, bukan melalui kenaikan harga. Dengan demikian, harga yang stabil tidak mencerminkan penekanan permintaan, tetapi kelimpahan energi. Logika ini juga memperjelas peran persaingan yang diatur dalam sistem supermultiplier. Pasar dimobilisasi untuk memastikan bahwa peningkatan produktivitas di sektor hulu ditransmisikan ke hilir, mencegah terbentuknya hambatan yang jika tidak akan mengubah pertumbuhan permintaan menjadi pengambilan rente. Intervensi regulasi berfungsi sebagai alat koreksi,

menyelaraskan pembentukan harga dengan efisiensi tingkat sistem ketika dinamika pasar saja terbukti tidak mencukupi.

Dalam kerangka ini, inflasi bukanlah fenomena moneter dalam arti sempit, atau hasil dari permintaan yang berlebihan itu sendiri. Inflasi adalah gejala inkoherensi sistemik; yaitu, ketidaksesuaian antara laju ekspansi permintaan dan kapasitas sistem untuk memberikan penyediaan yang efisien secara energi dan informasi. Penutupan supermultiplier tercapai ketika ketidaksesuaian ini dihindari melalui disiplin harga yang terkoordinasi, distribusi surplus, dan perluasan kapasitas. Ketidakpenutupan terlihat ketika ada ketidaksesuaian, seperti pada booming real estat di akhir tahun 2010-an.

Skema konseptual ini menyediakan jembatan langsung ke pengalaman Tiongkok. Lintasan pertumbuhan Tiongkok dapat dibaca sebagai rangkaian jangkar permintaan - ekspor, infrastruktur, urbanisasi, dan manufaktur strategis - yang beroperasi dalam sistem produksi yang harga hulunya distabilkan secara aktif dan surplusnya dialokasikan secara sosial untuk mendukung perluasan kapasitas. Di mana keselarasan ini bertahan, pertumbuhan yang dipimpin permintaan diterjemahkan menjadi peningkatan pendapatan riil dan perluasan kapasitas pertukaran. Di mana hal itu goyah, seperti pada ledakan properti pertengahan tahun 2010-an, ketegangan inflasi dan keuangan muncul, yang mendorong koreksi kebijakan.

Bagian-bagian selanjutnya akan menelusuri dinamika ini secara detail. Bagian-bagian tersebut akan menunjukkan bagaimana penggunaan permintaan otonom, modulasi keuntungan, dan persaingan yang diatur oleh Tiongkok memungkinkan pertumbuhan yang konsisten dengan supermultiplier selama beberapa dekade, dan bagaimana sistem tersebut telah beradaptasi seiring dengan evolusi kondisi energi, teknologi, dan demografi. Tujuannya bukanlah untuk menyajikan Tiongkok sebagai cetak biru, tetapi untuk mengilustrasikan bagaimana pembangunan sebagai konstruksi sistem beroperasi ketika permintaan, harga, dan produksi diperlakukan sebagai elemen yang saling memengaruhi daripada domain yang independen.

1. Fase-Fase Supermultiplier Tiongkok: Jangkar Permintaan, Transformasi EROEI, Dan Ekspansi Sistem

Lintasan pembangunan Tiongkok dapat dipahami sebagai rangkaian fase pertumbuhan yang konsisten dengan supermultiplier, masing-masing didefinisikan oleh sumber permintaan otonom yang dominan, tetapi disatukan oleh logika umum pembangunan sistem dan transformasi energi. Pertumbuhan tidak terjadi melalui satu mesin permintaan tunggal, atau melalui penyesuaian pasar spontan, tetapi melalui pengaturan yang disengaja dari jangkar permintaan yang beroperasi dalam sistem produksi yang harga hulu, distribusi surplus, dan aliran investasinya diatur secara aktif.

Dari perspektif supermultiplier Sraffian, pertanyaan utamanya bukanlah apakah Tiongkok bergantung pada ekspor, investasi, atau konsumsi pada momen yang berbeda, tetapi apakah permintaan otonom berkembang dengan cara yang konsisten dengan penyesuaian endogen kapasitas produktif menuju pemanfaatan normal. Dari perspektif nilai tukar sistemik, pertanyaan yang lebih dalam adalah apakah setiap fase memperluas kapasitas energi, informasi, produksi, dan sirkulasi ekonomi, memungkinkan pertumbuhan permintaan untuk

diterjemahkan menjadi peningkatan yang berkelanjutan dalam output riil dan standar hidup daripada inflasi atau ketidakstabilan keuangan.

2. Ekspansi Berbasis Ekspor Dan Peningkatan EROEI Awal

Pada periode reformasi awal dan sepanjang tahun 1990-an dan awal 2000-an, ekspor berfungsi sebagai jangkar permintaan otonom utama Tiongkok. Permintaan ekspor bersifat otonom dalam arti supermultiplier: tidak dibatasi oleh pendapatan domestik, dan menyediakan saluran eksternal yang stabil yang memungkinkan kapasitas domestik untuk berkembang.

Yang terpenting, pertumbuhan yang dipimpin ekspor bukan hanya masalah mengeksploitasi upah rendah. Hal ini bertepatan dengan peningkatan EROEI yang signifikan di tingkat sistem. Integrasi ke dalam jaringan manufaktur global memungkinkan pembelajaran cepat melalui praktik, transfer teknologi, dan efek skala yang mengurangi input energi dan material yang dibutuhkan per unit output. Investasi di pelabuhan, pembangkit listrik, transportasi, dan infrastruktur perkotaan semakin menurunkan biaya energi sirkulasi.

Dalam kerangka SEV, fase ini memperluas kapasitas pertukaran dengan meningkatkan kepadatan dan keandalan hubungan produksi, baik di dalam negeri maupun internasional. Harga barang manufaktur turun secara stabil, mencerminkan peningkatan efisiensi energi dan pendalaman rantai pasokan. Keuntungan diperoleh, tetapi persaingan - baik domestik maupun internasional - mencegah penangkapan rente yang berkelanjutan, memastikan bahwa peningkatan produktivitas diterjemahkan menjadi harga yang lebih rendah dan kenaikan upah riil dari waktu ke waktu.

3. Infrastruktur Dan Urbanisasi Sebagai Re-Platforming Energi

Seiring dengan matangnya pertumbuhan ekspor dan semakin menonjolnya kendala eksternal, investasi infrastruktur dan urbanisasi muncul sebagai sumber utama permintaan otonom. Pergeseran ini sering disalahartikan sebagai investasi yang berlebihan atau tidak efisien. Namun, dalam kerangka supermultiplier-SEV, hal ini mewakili re-platforming strategis dari sistem produksi. Investasi infrastruktur adalah permintaan otonom yang unggul: didorong oleh kebijakan, berjangka panjang, dan hanya secara tidak langsung terkait dengan aliran pendapatan saat ini. Fungsi makroekonominya di Tiongkok adalah untuk mengubah koefisien energi dan spasial produksi. Kereta api berkecepatan tinggi, jaringan listrik, pusat logistik, sistem air, dan perumahan perkotaan secara dramatis mengurangi biaya energi dan waktu untuk pergerakan, koordinasi, dan penyediaan.

Investasi ini memberikan peningkatan besar, meskipun tidak merata, dalam $EROEI_u$ di seluruh perekonomian. Output fisik yang sama – barang, jasa, mobilitas, dan tempat tinggal – dapat dihasilkan dengan energi yang lebih sedikit dan biaya koordinasi yang lebih rendah. Dengan demikian, harga di sektor hilir distabilkan atau diturunkan bahkan ketika permintaan meningkat, memungkinkan penutupan supermultiplier tanpa pergeseran inflasi. Dari sudut pandang SEV, pertumbuhan yang dipimpin oleh infrastruktur memperdalam kepadatan pertukaran dan memperluasnya secara spasial. Hal ini mengintegrasikan wilayah pedalaman ke dalam jaringan produksi nasional, memperluas pasar tenaga kerja yang efektif, dan meletakkan dasar bagi perluasan permintaan selanjutnya melalui pertumbuhan pendapatan

rumah tangga. Apa yang tampak sebagai "kelebihan kapasitas" jika dilihat secara terpisah lebih baik dipahami sebagai kapasitas pertukaran laten, yang penting untuk mengakomodasi fase pertumbuhan di masa mendatang.

4. Pendalaman Manufaktur Dan Ekspansi Kapasitas Strategis

Fase ketiga dari dinamika supermultiplier Tiongkok melibatkan pergeseran yang disengaja menuju pendalaman manufaktur dan peningkatan teknologi, khususnya di sektor barang modal, input antara, dan teknologi tinggi. Permintaan otonom di sini mengambil berbagai bentuk: investasi yang dipandu negara, pengadaan, diversifikasi ekspor, dan substitusi strategis.

Fase ini merupakan inti dari kisah EROEI. Manufaktur canggih memungkinkan Tiongkok untuk menginternalisasi tahapan produksi yang sebelumnya intensif energi dan informasi ketika dipasok dari luar. Produksi domestik mesin, elektronik, dan sistem industri meningkatkan $EROEI_p$ dengan mengurangi biaya transportasi, koordinasi, dan ketergantungan. Hal ini juga meningkatkan efisiensi informasi dengan memperpendek siklus umpan balik antara desain, produksi, dan penggunaan.

Harga di sektor-sektor ini diatur melalui persaingan yang terkelola dan ekspansi kapasitas. Margin keuntungan cukup untuk mendorong investasi tetapi secara sistematis terkikis dari waktu ke waktu oleh persaingan dan tekanan kebijakan, memastikan bahwa peningkatan produktivitas mengalir ke hilir. Ini mencegah munculnya rente teknologi yang berkelanjutan yang jika tidak akan mengganggu penutupan supermultiplier.

5. Pertumbuhan Pendapatan Rumah Tangga Sebagai Hasil Permintaan Endogen

Berlawanan dengan narasi arus utama, konsumsi rumah tangga tidak perlu "dilepaskan" melalui redistribusi atau liberalisasi harga. Peningkatan pendapatan rumah tangga muncul secara endogen dari fase-fase sebelumnya dalam pembangunan sistem. Seiring dengan peningkatan koefisien produksi dan harga hulu yang tetap stabil, upah riil meningkat tanpa merusak profitabilitas.

Dalam istilah supermultiplier, konsumsi rumah tangga secara bertahap menjadi komponen permintaan yang lebih signifikan, tetapi sebagian besar tetap terinduksi daripada otonom. Ekspansinya memperkuat pertumbuhan tanpa menjadi pendorong utama, mengurangi kerentanan terhadap guncangan distribusi pendapatan. Dalam istilah SEV, ini mencerminkan fase matang ekspansi sistem pertukaran, di mana kelimpahan di domain penyediaan inti mengurangi kebutuhan marginal untuk konsumsi sambil meningkatkan keamanan dan tabungan rumah tangga.

6. Ledakan Properti Sebagai Ketidaksesuaian EROEI

Ledakan properti sekitar tahun 2015–2020 merupakan penyimpangan sebagian dari logika supermultiplier-SEV. Di sini, ekspansi likuiditas mengalir ke lahan dan perumahan dengan cara yang tidak sesuai dengan peningkatan proporsional dalam $EROEI_u$. Harga naik, bukan karena kelangkaan energi yang sebenarnya dalam penyediaan tempat tinggal, tetapi karena tanah, keuangan, dan ekspektasi bergabung untuk menghasilkan penangkapan rente.

Dari perspektif supermultiplier, ini mengalihkan permintaan otonom ke arah saluran aset dengan efek perluasan kapasitas yang lemah, sehingga berisiko terhadap inflasi dan

ketidakstabilan keuangan. Pengetatan kebijakan selanjutnya dapat diinterpretasikan sebagai upaya untuk memulihkan keselarasan antara permintaan, kaskade harga, dan perluasan sistem produktif. Kita akan kembali ke masalah ini di bab selanjutnya.

7. Penutupan Supermultiplier Dan Nilai Tukar Sistemik

Di seluruh fase ini, pengalaman Tiongkok menggambarkan bagaimana penutupan supermultiplier bergantung pada koherensi antara jangkar permintaan, disiplin harga hulu, dan transformasi energi. Di mana permintaan otonom memperluas kapasitas pertukaran dan meningkatkan kondisi EROEI, pertumbuhan berkelanjutan, harga tetap stabil, dan pendapatan riil meningkat. Di mana koherensi ini melemah, intervensi korektif pun terjadi. Pelajaran kuncinya bukanlah bahwa Tiongkok "memilih" pendorong pertumbuhan yang tepat, tetapi bahwa Tiongkok membangun kondisi di mana pertumbuhan yang dipimpin permintaan dapat beroperasi tanpa merosot menjadi inflasi atau stagnasi. Konstruksi ini melibatkan pengelolaan harga, keuntungan, energi, dan informasi secara terus-menerus untuk melayani perluasan nilai tukar sistemik.

9.5 EROEI DAN ENERGI SUPERMULTIPLIER

Fitur sentral namun seringkali tidak terartikulasi dari lintasan pembangunan Tiongkok adalah peningkatan berkelanjutan pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) di seluruh domain produksi dan penggunaan. Perbedaan ini penting secara analitis. Ingat:

- $EROEI_p$ mengacu pada rasio energi yang dapat digunakan atau output yang dihasilkan relatif terhadap energi yang dibutuhkan untuk memproduksinya; dan
- $EROEI_u$ mengacu pada rasio layanan bermanfaat yang diberikan relatif terhadap energi yang terkandung yang dibutuhkan untuk memberikan layanan tersebut.

Pembangunan, dalam hal energi, terdiri dari peningkatan kedua rasio tersebut secara sistematis.

Dalam kerangka supermultiplier, hal ini penting karena pertumbuhan yang didorong oleh permintaan hanya dapat dipertahankan tanpa tekanan inflasi jika surplus energi yang tersedia bagi sistem meningkat seiring dengan output. Dalam hal SEV, peningkatan EROEI meningkatkan kepadatan dan keterjangkauan hubungan pertukaran dengan menurunkan biaya energi yang terkandung dalam penyediaan.

1. $EROEI_p$: Skalabilitas, Integrasi, dan Transformasi Sistem Energi

Fase awal ekspor Tiongkok bertepatan dengan peningkatan pesat $EROEI_p$ melalui skala ekonomi, integrasi vertikal, dan pembangunan infrastruktur. Listrik berbasis batu bara - meskipun intensif karbon - menawarkan pengembalian energi bersih yang tinggi ketika digunakan dalam skala besar. Investasi dalam transmisi tegangan ultra tinggi, angkutan kereta api, dan kapasitas pelabuhan mengurangi biaya energi yang terkandung per unit output industri. Poin kuncinya bukanlah bahwa batu bara secara inheren lebih unggul, tetapi bahwa penyebaran batu bara yang terkoordinasi oleh Tiongkok dalam sistem infrastruktur terintegrasi mempertahankan pengembalian energi bersih yang relatif tinggi selama lonjakan

industrialisasi. Kelimpahan energi, bukan sekadar tenaga kerja murah, yang mendukung daya saing ekspor. Seiring waktu, bauran energi terdiversifikasi:

- Gas alam meningkatkan efisiensi konversi dalam konteks perkotaan dan industri;
- Pembangkit listrik tenaga air skala besar menghasilkan daya beban dasar EROEI tinggi;
- Nuklir menambah pasokan energi bersih yang stabil;
- Baru-baru ini, energi angin dan surya - dikombinasikan dengan penyimpanan baterai dan digitalisasi jaringan - telah mulai meningkatkan EROEI tingkat sistem melalui penurunan biaya energi terwujud dan kurva pembelajaran teknologi.

Yang penting, energi terbarukan secara terpisah dapat menghadirkan tantangan intermitensi, tetapi ketika diintegrasikan ke dalam jaringan dengan penyimpanan, manajemen permintaan, dan sistem kontrol digital, energi terbarukan dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan $EROEI_p$ tingkat sistem dan $EROEI_u$ hilir. Metrik yang relevan bukanlah pengembalian tingkat pembangkit, tetapi hasil energi bersih tingkat jaringan. Kebijakan energi Tiongkok - meskipun jarang diartikulasikan dalam bahasa EROEI - secara konsisten bertujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan surplus energi bersih yang tersedia untuk sistem produksi dan sirkulasi. Surplus inilah yang membiayai infrastruktur, pendalaman manufaktur, dan peningkatan upah riil.

2. $EROEI_u$: Infrastruktur, Bentuk Perkotaan, dan Efisiensi Layanan

Sama pentingnya adalah peningkatan $EROEI_u$. Bahkan jika produksi energi primer melimpah, pertumbuhan menjadi inflasi jika penggunaan energi tetap tidak efisien dalam memberikan layanan. Fase pembangunan infrastruktur di Tiongkok secara dramatis meningkatkan efisiensi penggunaan:

- Kereta api berkecepatan tinggi mengurangi biaya energi yang terkandung per penumpang-kilometer dibandingkan dengan penerbangan atau transportasi darat;
- Urbanisasi padat menurunkan kebutuhan energi per kapita untuk perumahan, pemanasan, dan mobilitas;
- Platform digital mengurangi biaya energi informasi dan transaksi di seluruh logistik dan layanan; dan
- Pabrik industri modern mengurangi limbah dan meningkatkan rasio throughput material.

Perubahan-perubahan ini meningkatkan rasio layanan yang bermanfaat - mobilitas, tempat tinggal, komunikasi, dan output industri - terhadap energi yang terkandung dalam penyediaannya. Dalam istilah SEV, ini memperluas kepadatan pertukaran dengan membuat partisipasi dalam jaringan produksi yang kompleks menjadi terjangkau secara energi.

Yang terpenting, peningkatan $EROEI_u$ menjelaskan bagaimana pendapatan rumah tangga riil dapat tumbuh pesat tanpa memicu inflasi yang berkelanjutan. Seiring dengan penurunan biaya energi untuk penyediaan, pertumbuhan upah nominal diterjemahkan menjadi peningkatan nyata dalam standar hidup daripada diserap oleh kenaikan biaya utilitas, transportasi, atau perumahan (dengan pengecualian sebagian dari dinamika properti spekulatif selama pertengahan tahun 2010-an).

3. Surplus Energi Dan Stabilitas Supermultiplier

Dalam sistem supermultiplier Sraffian, kapasitas berkembang sebagai respons terhadap permintaan otonom. Namun, ekspansi ini membutuhkan surplus material. Jika ketersediaan energi bersih stagnan atau menurun, pertumbuhan kapasitas menjadi terbatas, dan stimulus permintaan meluas ke harga daripada output. Pola makro Tiongkok adalah terus meningkatkan EROEI baik dalam produksi maupun penggunaan, sehingga memperluas surplus energi yang tersedia bagi perekonomian. Surplus ini mendukung:

- Ekspansi infrastruktur;
- Peningkatan manufaktur;
- Inovasi teknologi;
- Kenaikan upah riil; dan
- Kebijakan industri dan sosial strategis.

Stabilitas harga hulu - yang telah dibahas sebelumnya - dimungkinkan justru karena efisiensi energi meningkat. Harga energi yang stabil atau menurun bukanlah sekadar artefak administratif; harga tersebut mencerminkan investasi berkelanjutan yang mempertahankan pengembalian energi bersih yang tinggi dalam skala besar. Di mana transisi energi terjadi (batu bara ke gas, hidro, dan energi terbarukan), tujuannya bukan hanya diversifikasi, tetapi juga pelestarian surplus energi tingkat sistem di bawah kondisi lingkungan dan teknologi yang berubah. Teknologi penyimpanan - misalnya baterai dan hidrogen - harus dipahami dalam konteks ini sebagai penstabil EROEI, yang memungkinkan energi terbarukan yang bersifat intermiten untuk berfungsi sebagai kontributor bersih yang tinggi dalam jaringan terkoordinasi.

4. Ketidakselarasan EROEI Dan Episode Properti

Ledakan properti pertengahan tahun 2010-an menggambarkan apa yang terjadi ketika arus keuangan terlepas dari fundamental energi. Aktivitas konstruksi dapat meningkatkan output untuk sementara waktu, tetapi jika kenaikan harga aset tidak sesuai dengan peningkatan $EROEI_u$ - misalnya, bentuk perkotaan yang lebih efisien atau perumahan dengan energi terwujud yang lebih rendah - maka kenaikan harga mewakili kapitalisasi sewa daripada peningkatan energi.

Dalam keadaan seperti itu, koherensi supermultiplier melemah. Permintaan otonom bergeser ke arah inflasi aset, dan surplus diserap ke dalam saluran spekulatif daripada investasi yang meningkatkan kapasitas. Pengetatan peraturan selanjutnya dapat dibaca sebagai upaya untuk memulihkan keselarasan antara ekspansi keuangan dan peningkatan sistem energi. Bab 11 mengeksplorasi dinamika ini secara lebih rinci.

5. Peningkatan Energi Berkelanjutan Sebagai Strategi Pembangunan

Oleh karena itu, pola makro selama empat dekade adalah peningkatan energi berkelanjutan, bahkan ketika komposisi jangkar permintaan bergeser dari ekspor ke infrastruktur ke manufaktur canggih dan peningkatan pendapatan rumah tangga. Peningkatan berkelanjutan ini menjelaskan mengapa Tiongkok menghindari dinamika jebakan pendapatan menengah klasik berupa stagnasi produktivitas dan kenaikan struktur biaya. Dengan

mempertahankan $EROEI_p$ dan meningkatkan $EROEI_u$, sistem tersebut mempertahankan surplus energi yang dibutuhkan untuk transformasi struktural yang berkelanjutan.

Dalam kerangka SEV, surplus energi ini secara langsung diterjemahkan ke dalam perluasan kapasitas pertukaran. Dalam kerangka supermultiplier, hal ini memungkinkan pertumbuhan yang didorong oleh permintaan tanpa pergeseran inflasi. Dengan demikian, hal ini mendukung distribusi surplus yang konsisten dengan kenaikan upah riil dan tingkat keuntungan yang stabil. Energi, dalam pengertian ini, bukanlah input eksternal bagi kisah pertumbuhan Tiongkok. Ini adalah substrat material yang memungkinkan penutupan supermultiplier dan perluasan nilai tukar sistemik.

Bagian selanjutnya akan memperluas analisis ini dengan memasukkan secara eksplisit dinamika Kaldorian tentang peningkatan pengembalian dan kausalitas kumulatif, menunjukkan bagaimana fase supermultiplier ini berinteraksi dengan asimetri sektoral dan pembangunan regional dari waktu ke waktu.

9.6 SURPLUS, KREDIT, DAN PENUTUPAN INSTITUSIONAL

Kerangka analitis yang dikembangkan pada bagian-bagian sebelumnya memungkinkan kita untuk menafsirkan kembali pengalaman pembangunan Tiongkok sebagai konfigurasi khas manajemen surplus dalam sistem supermultiplier Sraffa yang berlandaskan nilai tukar sistemik (SEV). Jika stabilitas harga hulu dan transformasi koefisien merupakan prasyarat struktural untuk pertumbuhan yang dipimpin permintaan tanpa pergeseran inflasi, pertanyaan institusional menjadi menentukan: bagaimana surplus didistribusikan, dimodulasi, dan diinvestasikan kembali dengan cara yang mempertahankan reproduksi dan ekspansi sistemik?

Dalam perspektif kami, *berbeda dengan Sraffa*, surplus bukanlah artefak sisa dari pertukaran keseimbangan tetapi hasil struktural dari produksi setelah persyaratan reproduksi terpenuhi. Ekonomi politik pembangunan dengan demikian bergantung pada alokasi surplus ini. Apakah surplus tersebut ditangkap sebagai rente, didistribusikan sebagai upah, ditahan sebagai laba untuk investasi kembali, atau dialihkan ke sirkuit spekulatif menentukan lintasan akumulasi. Model pembangunan Tiongkok paling baik dipahami sebagai eksperimen yang diperpanjang dalam disiplin surplus: mencegah penangkapan rente yang terus-menerus sambil mengarahkan pendapatan yang ditahan dan kredit menuju transformasi koefisien dan peningkatan energi.

Ciri utama dari sistem ini adalah stabilisasi harga hulu di sektor-sektor strategis - energi, transportasi, lahan, keuangan, dan input industri utama. Sektor-sektor ini menempati posisi penting dalam matriks produksi Sraffian. Setelah struktur harga mereka ditetapkan, struktur tersebut akan berdampak ke seluruh sistem, memengaruhi biaya dan margin hilir. Dengan membatasi kemampuan simpul-simpul ini untuk mengekstrak keuntungan monopoli yang berkelanjutan, negara membatasi impuls inflasi di sumbernya. Ini tidak berarti penetapan harga birokrasi yang kaku. Sebaliknya, ini mencerminkan sistem di mana struktur harga yang diatur berd coexistence dengan persaingan pasar sebagai mekanisme pengaturan. Ketika margin meluas melampaui batas yang dapat ditoleransi secara sistemik, kebijakan persaingan, intervensi pengaturan, atau kalibrasi ulang administratif digunakan untuk memberikan

tekanan ke bawah. Pasar, dalam konfigurasi ini, adalah instrumen disiplin yang dimobilisasi daripada kekuatan penyeimbang otonom.

Distribusi keuntungan dalam struktur ini sama pentingnya. Bertentangan dengan narasi penindasan pendapatan rumah tangga secara sistematis, lintasan jangka panjang Tiongkok ditandai oleh pertumbuhan upah riil yang berkelanjutan bersamaan dengan tingkat investasi yang tinggi. Pergerakan ganda ini bukanlah paradoks setelah kita meninggalkan asumsi keseimbangan neoklasik. Pertumbuhan produktivitas - yang didorong oleh perluasan infrastruktur, peningkatan teknologi, dan integrasi rantai pasokan - menurunkan koefisien produksi dan mengurangi energi yang terkandung per unit output. Meningkatnya produktivitas tenaga kerja memungkinkan peningkatan upah riil dan laba ditahan untuk investasi kembali tanpa menekan profitabilitas ke tingkat yang tidak stabil; dan perluasan likuiditas sistem bersih melalui pembiayaan publik dan kredit bank komersial memungkinkan pengembangan kapasitas sistemik. Dengan demikian, surplus dibagi secara dinamis, bukan statis. Tujuannya bukanlah memaksimalkan margin keuntungan itu sendiri, tetapi perluasan total surplus yang tersedia untuk peningkatan kesejahteraan serta investasi kembali dalam sistem yang terus meningkat secara energik.

Dari sudut pandang SEV, pola ini mencerminkan pengalihan surplus ke aktivitas yang meningkatkan EROEI baik dalam produksi dan penggunaan serta kesejahteraan sosial, yang mengurangi kecenderungan entropi sistemik. Investasi infrastruktur, perluasan jaringan listrik, kereta api berkecepatan tinggi, integrasi logistik, platform digital, dan ekosistem manufaktur canggih mengurangi pemborosan termodinamika dan gesekan koordinasi. Transformasi ini meningkatkan efisiensi sistemik, memperluas surplus energi yang tersedia bagi masyarakat secara keseluruhan. Ekspansi likuiditas, ketika disalurkan ke proyek-proyek tersebut, tidak hanya merangsang permintaan; tetapi juga mengubah koefisien struktural sistem produksi. Kredit, dalam pengertian ini, menjadi mekanisme transformasi koefisien alih-alih hanya untuk meratakan konsumsi.

Penutupan supermultiplier sangat bergantung pada keselarasan antara pertumbuhan kredit dan transformasi produktif ini. Permintaan otonom - baik yang didorong oleh program infrastruktur, perluasan ekspor, urbanisasi, atau peningkatan teknologi - membutuhkan pembiayaan. Namun, ketika ekspansi likuiditas berlabuh pada peningkatan koefisien produksi dan didukung oleh stabilitas harga hulu, pertumbuhan permintaan nominal diterjemahkan menjadi perluasan kapasitas riil daripada inflasi yang berkelanjutan. Periode panjang investasi tinggi dan inflasi moderat di Tiongkok dapat diinterpretasikan melalui lensa ini. Pengelolaan yang disiplin terhadap harga input strategis dan reinvestasi surplus ke dalam peningkatan efisiensi sistem secara keseluruhan memungkinkan ekspansi kredit untuk beroperasi sebagai pendorong akumulasi riil.

1. Likuiditas, Kebijakan Fiskal, Dan Peran Bank Publik Dalam Penutupan Institusional

Elemen sentral, namun seringkali kurang dihargai, dari model pembangunan Tiongkok adalah kalibrasi yang disengaja terhadap ekspansi likuiditas melalui sistem perbankan milik negara. Dalam pandangan arus utama, kredit sering diperlakukan sebagai netral atau otonom; dalam kerangka SEV, sebaliknya, kredit adalah instrumen transformasi struktural dan energik.

Bank publik - bank komersial milik negara yang digerakkan oleh kebijakan - berfungsi bukan hanya sebagai perantara keuangan tetapi sebagai instrumen penutupan institusional, memastikan bahwa alokasi surplus selaras dengan sektor produktif dengan EROEI tinggi daripada sirkuit spekulatif yang dapat meng destabilisasi kausalitas kumulatif. Pendekatan ini menggemakan penekanan konsisten Presiden Xi Jinping pada keuangan yang melayani ekonomi riil, seperti yang diartikulasikan dalam berbagai pidato selama bertahun-tahun. Sebagai contoh, pada tahun 2019, Xi menekankan bahwa “sektor keuangan harus melayani ekonomi riil,” menggarisbawahi perannya dalam mencegah risiko dan mendukung pertumbuhan berkelanjutan. Demikian pula, dalam pidato tahun 2021, ia menyoroti bahwa “keuangan harus melayani ekonomi riil dan memenuhi pembangunan ekonomi dan sosial serta kebutuhan rakyat,” memposisikannya sebagai “urat nadi” aktivitas ekonomi.

Dinamika ini beroperasi pada berbagai tingkatan. Kebijakan fiskal dan program investasi publik menghasilkan permintaan otonom, merangsang produksi industri, infrastruktur, dan peningkatan teknologi. Bank-bank publik memperkuat efek ini dengan menyediakan pembiayaan jangka panjang yang dapat diprediksi untuk sektor-sektor strategis, termasuk industri berat, manufaktur ekspor, energi terbarukan, dan infrastruktur teknologi tinggi. Orientasi kebijakan bank-bank ini memungkinkan tingkat kesabaran dan koordinasi yang tidak dapat dicapai hanya dengan kredit sektor swasta: keputusan pemberian pinjaman diselaraskan dengan prioritas sistemik daripada profitabilitas jangka pendek, mendukung transformasi koefisien produksi yang berkelanjutan dan perluasan surplus energi. Penyelarasan ini mencerminkan panduan Xi untuk tahun 2024, di mana ia mencatat bahwa "ketika keuangan berkembang, ekonomi berkembang; ketika keuangan stabil, ekonomi stabil," menekankan peran vital keuangan dalam memperkuat ekonomi riil melalui dukungan yang ditargetkan.

Yang terpenting, konfigurasi kelembagaan ini mengurangi risiko hiper-finansialisasi yang dapat muncul di ekonomi dengan likuiditas yang berkembang pesat. Dalam sistem yang didominasi oleh kredit swasta, pemberian pinjaman tanpa kendali dapat memicu inflasi harga aset, ledakan spekulatif di sektor properti, dan akumulasi rentier yang memisahkan surplus dari penggunaan produktif. Sektor perbankan milik negara di Tiongkok secara historis telah membatasi kecenderungan ini dengan memprioritaskan alokasi kredit ke sektor-sektor dengan potensi kausalitas kumulatif yang kuat dan dampak transformasi koefisien. Episode overheating spekulatif, seperti ledakan properti tahun 2015–2020, menggambarkan kerentanan sistem terhadap kesalahan alokasi dan kapasitas intervensi kebijakan dan regulasi untuk memulihkan keselarasan. Xi telah berulang kali memperingatkan terhadap pemisahan semacam itu; dalam pidatonya tahun 2025, ia menegaskan kembali bahwa “melayani ekonomi riil adalah tugas dan misi keuangan, dan merupakan cara penting untuk mencegah risiko keuangan,” yang menggambarkan keuangan sebagai alat untuk menghindari ekspansi diri yang dapat menyebabkan krisis.

Oleh karena itu, ekspansi likuiditas harus dipahami sebagai sesuatu yang dikondisikan secara struktural. Supermultiplier hanya beroperasi secara efektif ketika kredit mengalir ke sektor-sektor produktif yang meningkatkan EROEI dan dilengkapi dengan pengeluaran fiskal

yang menghasilkan permintaan otonom. Koordinasi antara kebijakan fiskal dan perbankan publik menciptakan lingkaran kelembagaan: kredit berkembang untuk membiayai transformasi koefisien, surplus didistribusikan dan didaur ulang untuk mempertahankan pertumbuhan kumulatif, dan stabilitas harga hulu dipertahankan, memastikan bahwa ekspansi nominal diterjemahkan menjadi kapasitas produktif riil daripada tekanan inflasi atau spekulatif. Pendekatan disiplin ini sejalan dengan visi Xi 2026, di mana ia menggambarkan ekonomi riil sebagai "fondasi keuangan," dan melayaninya sebagai "tugas inheren" keuangan, memperingatkan bahwa keuangan yang terlepas dari ekonomi riil menjadi "air tanpa sumber atau pohon tanpa akar."

2. Peran Bank Kebijakan Utama China Dalam Panduan Likuiditas

Bank kebijakan China berperan penting dalam mengelola ekspansi likuiditas dengan menyediakan pembiayaan jangka menengah hingga panjang yang selaras dengan tujuan pembangunan nasional, mengurangi paparan terhadap pasar jangka pendek yang bergejolak dan mencegah finansialisasi. Tidak seperti bank komersial, yang mungkin memprioritaskan profitabilitas, bank kebijakan beroperasi di bawah mandat negara untuk mendukung sektor-sektor strategis, memastikan likuiditas mendukung pertumbuhan ekonomi riil daripada akumulasi modal fiktif. Etos operasional ini secara langsung mewujudkan arahan Xi; Seperti yang ia nyatakan pada tahun 2019, keuangan adalah "daya saing inti suatu negara," dan keamanannya merupakan bagian integral dari keamanan nasional, dengan fokus pada melayani ekonomi riil untuk menjaga stabilitas.

Sebagai bank kebijakan terbesar di Tiongkok, China Development Bank (CDB) berfokus pada infrastruktur, industri dasar, urbanisasi, dan pembangunan regional. Bank ini sangat penting dalam mengurangi dampak krisis keuangan global, mempromosikan restrukturisasi ekonomi, dan membiayai proyek-proyek yang meningkatkan daya saing nasional. Dalam beberapa tahun terakhir, CDB telah mendukung Inisiatif Sabuk dan Jalan dan prioritas domestik seperti proyek lingkungan dan usaha kecil. Misalnya, peran CDB dalam menyediakan pinjaman jangka panjang untuk infrastruktur telah membantu menstabilkan likuiditas selama transisi ekonomi, dengan operasinya yang dipercepat setelah tahun 2008 untuk mendanai urbanisasi dan proyek-proyek penting. Pada tahun 2024, bersama dengan Exim, CDB berkontribusi sebesar Rp28 Triliun dalam pembiayaan pembangunan luar negeri, tertinggi dalam lima tahun, dengan menekankan keberlanjutan dan pembangunan regional. Pinjaman terarah ini mencegah likuiditas memicu gelembung spekulatif, dan malah menyalurkannya ke investasi yang meningkatkan EROEI.

Bank Pembangunan Pertanian Tiongkok (ADBC) mendukung pengadaan pertanian, pembangunan pedesaan, dan ketahanan pangan, menyediakan pembiayaan untuk penyesuaian ekonomi strategis di sektor pertanian. ADBC mempromosikan investasi pedesaan, inisiatif lingkungan, dan usaha kecil, memastikan aliran likuiditas ke daerah pedesaan yang kurang terlayani. Peran kebijakan ADBC menyiratkan dukungan pemerintah yang berkelanjutan, seperti yang terlihat dalam manajemen aset berkualitas tinggi dan fokus pada rencana netralitas karbon. Dengan menggalang dana untuk perusahaan kebijakan pertanian dan mendukung perusahaan komersial terkait pertanian, ADBC mengurangi risiko

finansialisasi di ekonomi pedesaan, di mana pasar tanah atau komoditas spekulatif dapat mendominasi.

Bank Ekspor-Impor China (Exim Bank) memfasilitasi strategi pembangunan nasional China, termasuk perdagangan luar negeri, inisiatif "going abroad", dan kerja sama Belt and Road. Bank ini menyediakan kredit penjual dan pembeli ekspor, mendukung manufaktur peralatan, pertanian, energi, dan proyek-proyek mata pencaharian. Pada tahun 2025, pinjaman teknologi Exim menyoroti perannya di sektor teknologi tinggi, dengan saldo yang beredar mencakup sebagian besar pinjaman korporasi. Dengan memperdalam kerja sama internasional dan mempertahankan posisi pasar yang jelas, Exim mengelola likuiditas untuk meningkatkan daya saing ekspor, mengurangi risiko kelebihan kapasitas domestik, dan mencegah pelarian modal ke aset asing spekulatif.

Melalui bank-bank ini, keuangan milik negara mengelola risiko finansialisasi dengan menundukkan keuangan pada ekonomi riil. Kontrol negara memastikan kredit melayani tujuan produktif, melawan kecenderungan menuju sistem berbasis pasar di mana keuangan yang terpisah dapat menyebabkan pemisahan dari output riil. Pendekatan ini telah mempertahankan stabilitas keuangan, dengan sektor perbankan menyediakan 170 triliun yuan dana baru untuk ekonomi riil selama lima tahun terakhir, meningkatkan ketahanan terhadap risiko. Kerangka kerja Xi yang menyeluruh memperkuat hal ini, seperti yang terlihat dalam penekanannya pada tahun 2023 dan 2024 untuk mencegah keuangan dari "sirkulasi dan ekspansi diri," dan sebaliknya mengarahkannya untuk mendukung pembangunan berkualitas tinggi dan menghindari eksekusi gaya Barat.

Dari perspektif SEV, sistem perbankan milik negara merupakan penggerak material penting bagi ekspansi sistemik. Dengan menambatkan aliran likuiditas ke sektor-sektor yang meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas hilir, sistem ini mendukung ekspansi nilai tukar sistemik. Pertumbuhan pendapatan riil, peningkatan koefisien yang dipimpin investasi, dan akumulasi surplus energi semuanya difasilitasi oleh desain kelembagaan ini, yang menyoroti bahwa daya tahan dan ketahanan model pertumbuhan Tiongkok tidak hanya bergantung pada strategi industri atau kebijakan energi, tetapi pada integrasi keuangan, intervensi fiskal, dan alokasi produktif dalam arsitektur kelembagaan yang koheren.

Siklus properti sekitar tahun 2015 hingga 2020 merupakan penyimpangan penting dalam lintasan yang lebih luas ini. Selama periode ini, pertumbuhan kredit semakin mengalir ke pengembangan real estat dan struktur pembiayaan berbasis lahan. Konstruksi perumahan memiliki nilai guna yang nyata dan dapat berkontribusi pada urbanisasi dan peningkatan standar hidup; namun, karena properti semakin berfungsi sebagai aset spekulatif, peran sistemiknya bergeser. Dari perspektif SEV, inflasi aset spekulatif menghasilkan peningkatan terbatas pada $EROEI_u$ dan hanya keuntungan sementara pada $EROEI_p$. Karena neraca menjadi terbebani oleh kenaikan nilai tanah, surplus berisiko terkonsolidasi dalam sirkuit rentier daripada didaur ulang menjadi investasi yang meningkatkan koefisien. Pengetatan peraturan yang terjadi kemudian, yang paling terlihat melalui batasan leverage dan pembatasan pembiayaan pengembang, dapat diinterpretasikan sebagai upaya untuk memulihkan keselarasan sistemik. Dengan mengekang kelebihan spekulatif dan mengarahkan kembali

ke kredit ke manufaktur canggih dan teknologi hijau, para pembuat kebijakan berupaya untuk menambatkan kembali ekspansi likuiditas pada fondasi struktural supermultiplier.

Penjelasan arus utama yang mengacu pada "kelebihan kapasitas," "kurang konsumsi," atau "kelebihan tabungan" salah menafsirkan dinamika ini. Dalam sistem pertumbuhan yang dipimpin permintaan yang dicirikan oleh peningkatan produktivitas yang berkelanjutan, investasi sering kali mengantisipasi permintaan yang terealisasi; Memang, investasilah yang menciptakan kondisi sirkulasi yang diperlukan agar realisasi dapat terjadi. Ekspansi kapasitas mendahului pertumbuhan konsumsi, terutama ketika pendapatan rumah tangga meningkat secara stabil. Pengamatan bahwa tingkat tabungan tetap tinggi bukanlah bukti represi; melainkan, hal itu mencerminkan pertumbuhan pesat pendapatan riil relatif terhadap kebutuhan konsumsi langsung, dikombinasikan dengan faktor demografis dan kehati-hatian yang khas dari transisi pendapatan menengah. Seiring dengan peningkatan koefisien produksi dan barang menjadi lebih murah dalam nilai riil, rumah tangga dapat memenuhi kebutuhan material dengan porsi pendapatan yang lebih kecil, memungkinkan tabungan untuk terakumulasi bahkan ketika konsumsi meningkat dalam nilai absolut. Apa yang tampak sebagai kelebihan kapasitas dalam kerangka keseimbangan statis, dalam sistem supermultiplier-SEV, merupakan prasyarat material untuk pertumbuhan permintaan di masa depan.

Pada tingkat terdalam, stabilitas konfigurasi ini bertumpu pada transformasi energi. Peningkatan sistem energi China secara bertahap - dari dominasi batubara menuju campuran yang beragam yang mencakup tenaga air, gas, nuklir, energi terbarukan, dan penyimpanan canggih - telah mempertahankan dan, di banyak sektor, meningkatkan lintasan $EROEI$. Elektrifikasi transportasi, otomatisasi industri, koordinasi digital, dan penerapan energi terbarukan telah meningkatkan $EROEI_u$ dengan mengurangi intensitas energi layanan dan barang manufaktur. Secara bersamaan, skala ekonomi dan pembelajaran teknologi telah meningkatkan $EROEI_p$ di industri-industri utama. Ekspansi surplus energi menyediakan dasar material untuk peningkatan pendapatan riil, harga hulu yang stabil, dan keuntungan yang diinvestasikan kembali. Tanpa fondasi energi ini, distribusi surplus akan menjadi konflik zero-sum; dengan itu, ekspansi surplus memungkinkan pertumbuhan upah, retensi keuntungan, dan investasi publik secara bersamaan.

Oleh karena itu, pengalaman pembangunan Tiongkok mengungkapkan bentuk penutupan kelembagaan yang khas. Disiplin harga hulu membatasi impuls inflasi di sumbernya. Surplus dimodulasi untuk mencegah ekstraksi rente yang berkelanjutan. Ekspansi likuiditas dikalibrasi menuju transformasi koefisien. Peningkatan energi memperbesar surplus riil yang tersedia untuk didistribusikan. Pasar berfungsi sebagai mekanisme administratif, diaktifkan untuk memberikan tekanan kompetitif ketika koherensi sistemik terancam. Hasilnya adalah pertumbuhan yang didorong oleh permintaan selama beberapa dekade dengan peningkatan pendapatan riil dan tanpa kerusakan inflasi kronis.

Konfigurasi kelembagaan ini tidak menghilangkan siklus atau kesalahan; episode properti menggambarkan kemungkinan penyimpangan. Namun, pola yang lebih luas menunjukkan keselarasan yang koheren antara kaskade harga Sraffian, dinamika permintaan supermultiplier, dan akuntansi termodinamika SEV. Surplus tidak ditekan tetapi didisiplinkan;

keuntungan tidak dihapuskan tetapi dialihkan; kredit tidak tidak terbatas tetapi dibatasi. Oleh karena itu, daya tahan model pertumbuhan Tiongkok tidak dapat dipahami melalui abstraksi keseimbangan atau narasi moral tentang kelebihan. Itu harus dianalisis sebagai sistem di mana distribusi surplus, transformasi energi, dan stabilitas harga saling terkait secara struktural.

9.7 ENERGI, TERMODINAMIKA, DAN NILAI TUKAR SISTEMIK

Bagian-bagian sebelumnya telah menunjukkan bahwa lintasan pembangunan Tiongkok dapat dipahami sebagai konfigurasi distribusi surplus yang disiplin yang beroperasi dalam sistem supermultiplier Sraffian yang dibentuk oleh kausalitas kumulatif. Namun di balik kaskade harga, asimetri sektoral, dan kalibrasi kredit terdapat lapisan yang lebih mendasar: energi. Nilai tukar sistemik menegaskan bahwa produksi dan distribusi adalah proses yang tertanam secara termodinamika. Tidak ada konfigurasi harga, keuntungan, atau likuiditas yang dapat lepas dari batasan ini.

Energi tidak dapat digantikan dengan cara yang diasumsikan oleh fungsi produksi neoklasik. Modal dapat menggantikan tenaga kerja dalam batas dan waktu tertentu; teknologi dapat mengubah kombinasi input, tetapi jarang secara instan; tetapi energi adalah prasyarat untuk semua transformasi. Setiap tindakan produksi adalah proses konversi fisik yang diatur oleh hukum termodinamika. Oleh karena itu, perluasan surplus mengandaikan perluasan - atau lebih tepatnya, peningkatan efisiensi - dari throughput energi.

Strategi pembangunan Tiongkok dapat ditafsirkan kembali sebagai upaya berkelanjutan untuk mengamankan, menstabilkan, dan meningkatkan fondasi energi dari sistem produksi dan sirkulasinya. Hasil makroekonomi yang tampak jelas - pertumbuhan pesat, kenaikan upah riil, inflasi moderat, dan daya saing manufaktur yang berkelanjutan - tidak dapat dipisahkan dari arsitektur energi ini.

1. Batubara Dan Stabilitas Sistem

Batubara telah memainkan peran mendasar dalam industrialisasi Tiongkok. Dari perspektif termodinamika, batubara menyediakan basis energi yang relatif bervolume tinggi dan dapat dikendalikan di dalam negeri yang memungkinkan ekspansi pesat industri berat, baja, semen, dan infrastruktur. Terlepas dari biaya lingkungannya, batubara memberikan stabilitas energi selama fase kritis kausalitas kumulatif awal. Misalnya, konsumsi batubara tetap stabil sekitar 4,95 miliar ton pada tahun 2025, mempertahankan pembangkit listrik di tengah pertumbuhan permintaan listrik, tetapi pangsa batubara dalam bauran energi telah sedikit menurun karena meningkatnya energi terbarukan.

Stabilitas ini penting untuk penutupan supermultiplier. Peningkatan keuntungan manufaktur membutuhkan biaya input yang dapat diprediksi. Pasokan energi yang bergejolak atau dibatasi secara eksternal akan menggoyahkan harga hulu, memicu kaskade biaya di seluruh matriks produksi Sraffian. Dengan sangat bergantung pada cadangan batubara domestik, Tiongkok mengurangi paparan terhadap guncangan energi eksternal selama ekspansi industrinya yang paling intensif. Produksi batubara mencapai rekor 4,83 miliar ton pada tahun 2025, naik 1,2% dari tahun sebelumnya, bahkan ketika pembangkit listrik tenaga termal turun 1% untuk pertama kalinya dalam satu dekade.

Dengan demikian, batubara berfungsi tidak hanya sebagai bahan bakar, tetapi juga sebagai jangkar penstabil untuk nilai tukar sistemik. Batubara mengamankan surplus energi yang dibutuhkan untuk pendalaman modal yang cepat dan integrasi rantai pasokan.

Namun, lintasan EROEI jangka panjang batubara dan eksternalitas lingkungan membatasinya. Meningkatnya biaya ekstraksi, beban polusi, dan tekanan iklim global memerlukan diversifikasi strategis. Stabilitas saja tidak cukup; peningkatan energi menjadi suatu keharusan. Memang, pembangkit listrik tenaga batu bara menurun sebesar 1,6% pada tahun 2025, menandai pergeseran karena sumber non-fosil menutupi pertumbuhan permintaan.

2. Energi Terbarukan Dan Peningkatan Skala Batas Energi

Pergeseran selanjutnya menuju energi terbarukan - tenaga surya, angin, hidro, nuklir, dan teknologi penyimpanan yang semakin canggih - dapat diinterpretasikan sebagai fase selanjutnya dari kausalitas kumulatif energi. Tidak seperti bahan bakar fosil, teknologi terbarukan dicirikan oleh biaya modal awal yang tinggi tetapi biaya operasional marjinal yang rendah. Seiring peningkatan skala dan kemajuan kurva pembelajaran, biaya produksi turun drastis. Harga spot untuk modul PV surya, misalnya, turun hampir 50% dari tahun ke tahun pada tahun 2023, sementara LCOE tenaga angin darat dan tenaga surya utilitas turun 7% pada tahun 2025.

Dinamika ini mencerminkan peningkatan pengembalian Kaldorian dalam manufaktur. Strategi yang disengaja China untuk meningkatkan skala manufaktur energi terbarukan - khususnya fotovoltaik surya dan baterai - menghasilkan efek pembelajaran melalui praktik yang kuat. Biaya per unit menurun tajam, tidak hanya di dalam negeri tetapi juga secara global. Seiring dengan peningkatan koefisien produksi, EROEI efektif dari penerapan energi terbarukan meningkat. Pada tahun 2025 saja, Tiongkok menambahkan lebih dari 300 GW kapasitas tenaga surya dan 100 GW kapasitas tenaga angin, dengan pembangkitan tenaga surya meningkat 43% pada paruh pertama tahun tersebut dibandingkan dengan tahun 2024. Secara keseluruhan, energi terbarukan memberikan kontribusi rekor sebesar 15,4 triliun yuan terhadap PDB pada tahun 2025, yang menyumbang 11,4% dari output ekonomi dan mendorong lebih dari sepertiga pertumbuhan.

Dari sudut pandang SEV, ini merupakan pergeseran struktural. Peningkatan skala energi terbarukan meningkatkan $EROEI_p$ melalui efisiensi manufaktur dan meningkatkan $EROEI_u$ dengan menurunkan intensitas energi pembangkitan listrik dari waktu ke waktu. Setelah terpasang, infrastruktur energi terbarukan menyediakan aliran energi jangka panjang dengan input bahan bakar minimal. Pada tahun 2024, tenaga angin dan surya menyumbang 18% dari listrik Tiongkok, dua kali lipat dari 9% pada tahun 2020, dengan pembangkitan bersih memenuhi 84% pertumbuhan permintaan pada tahun tersebut.

Implikasi makroekonominya sangat mendalam. Listrik yang murah dan melimpah mengurangi biaya produksi hulu di seluruh sistem. Karena energi menempati posisi nodal dalam matriks Sraffian, pengurangan biaya listrik berdampak luas. Daya saing manufaktur menguat; beban energi rumah tangga menurun; upah riil meningkat tanpa peningkatan nominal yang setara. Harga listrik di Tiongkok telah menurun seiring dengan ekspansi ini,

dengan energi terbarukan memungkinkan biaya pembangkitan listrik 11-64% di bawah tolok ukur global dalam teknologi utama. Dalam konteks ini, murah nya energi bukanlah slogan populis tetapi kondisi struktural untuk ekspansi SEV.

3. Investasi Jaringan Dan Integrasi Sistem

Kelimpahan energi saja tidak cukup tanpa integrasi sistem. Energi terbarukan tersebar secara geografis dan dihasilkan secara intermiten. Untuk mengubah surplus potensial menjadi surplus yang dapat digunakan, infrastruktur jaringan harus diperluas dan menstabilkan aliran.

Oleh karena itu, investasi besar-besaran Tiongkok dalam transmisi tegangan ultra tinggi, jaringan pintar, dan interkoneksi regional sangat penting bagi model pembangunan negara tersebut. Perluasan jaringan mengurangi kerugian transmisi, memperlancar ketidaksesuaian pasokan-permintaan regional, dan mengintegrasikan berbagai sumber pembangkitan ke dalam sistem yang koheren. Pengeluaran untuk jaringan listrik mencapai rekor 639,5 miliar yuan pada tahun 2025, naik 5% dari tahun sebelumnya, dengan rencana pengeluaran sebesar 5 triliun yuan selama periode 2026-2030, termasuk 4 triliun dari State Grid untuk meningkatkan transmisi lintas wilayah lebih dari 30%. China mengoperasikan 45 proyek UHV (Ultra High Voltage), dengan jalur tegangan ultra tinggi yang mentransmisikan hingga 12 GW masing-masing, jauh melampaui kapasitas tegangan tinggi standar.

Secara termodinamika, hal ini mengurangi entropi dalam jaringan energi. Secara ekonomi, hal ini menurunkan koefisien input efektif untuk semua sektor hilir. Dalam istilah supermultiplier, investasi jaringan berfungsi sebagai permintaan otonom yang secara bersamaan meningkatkan koefisien produksi, memperkuat kausalitas kumulatif. Bukti empiris menunjukkan proyek UHV meningkatkan produktivitas faktor total di perusahaan utilitas rata-rata sebesar 1,07%, melalui alokasi sumber daya dan efek substitusi energi. Tanpa integrasi jaringan, peningkatan energi terbarukan akan menghasilkan hambatan dan pembatasan. Dengan integrasi jaringan, surplus energi menjadi dapat digunakan secara sistemik. Perbedaan ini sangat menentukan.

Bagian-bagian sebelumnya telah menunjukkan bahwa lintasan pembangunan Tiongkok dapat dipahami sebagai konfigurasi distribusi surplus yang disiplin yang beroperasi dalam sistem supermultiplier Sraffian yang dibentuk oleh kausalitas kumulatif. Namun di balik kaskade harga, asimetri sektoral, dan kalibrasi kredit terdapat lapisan yang lebih mendasar: energi. SEV menegaskan bahwa produksi dan distribusi adalah proses yang tertanam secara termodinamika. Tidak ada konfigurasi harga, keuntungan, atau likuiditas yang dapat lepas dari batasan ini.

Energi tidak dapat digantikan dengan cara yang diasumsikan oleh fungsi produksi neoklasik. Modal dapat menggantikan tenaga kerja dalam batas tertentu; teknologi dapat mengubah kombinasi input; tetapi energi adalah prasyarat untuk semua transformasi. Setiap tindakan produksi adalah proses konversi fisik yang diatur oleh hukum termodinamika. Oleh karena itu, perluasan surplus mengandaikan perluasan - atau lebih tepatnya, peningkatan efisiensi - dari throughput energi.

Strategi pembangunan Tiongkok dapat ditafsirkan kembali sebagai upaya berkelanjutan untuk mengamankan, menstabilkan, dan meningkatkan fondasi energi dari

sistem produksinya. Hasil makroekonomi yang tampak – pertumbuhan pesat, kenaikan upah riil, inflasi moderat, dan daya saing manufaktur yang berkelanjutan – tidak dapat dipisahkan dari arsitektur energi ini. Misalnya, total konsumsi energi Tiongkok tumbuh sebesar 3,6% pada tahun 2024 menjadi 4.343 juta ton setara minyak (Mtoe), namun intensitas energinya (penggunaan energi per unit PDB) telah menurun drastis, turun sebesar 42,1% antara tahun 2006 dan 2022, yang mencerminkan peningkatan efisiensi dalam pemanfaatan energi di berbagai sektor.

1. Energi Sebagai Kendala Sistem Yang Tidak Dapat Diganti

Dalam istilah SEV, nilai tukar adalah representasi termediasi dari transformasi energi yang mendasarinya. Harga mencerminkan kelangkaan relatif, tetapi kelangkaan itu sendiri bersifat termodinamika: barang langka ketika produksi atau penggunaannya mewujudkan pengembalian energi bersih yang rendah relatif terhadap alokasi alternatif.

Metrik kunci di sini adalah EROEI. Masyarakat dengan EROEI agregat yang meningkat dapat memperluas surplus materialnya tanpa peningkatan input energi yang proporsional. Sebaliknya, penurunan EROEI menekan surplus yang tersedia untuk distribusi dan memperintensifkan konflik distribusi. Studi tentang sektor energi Tiongkok menyoroti dinamika ini; misalnya, EROI untuk ekstraksi batubara telah menghadapi tekanan penurunan karena penambangan yang lebih dalam dan cadangan berkualitas rendah, dengan biaya ekstraksi yang meningkat dan berkontribusi pada penurunan bertahap dalam hasil energi bersih. Sebaliknya, energi terbarukan seperti angin dan matahari telah mengalami peningkatan EROEI melalui kemajuan teknologi dan skala ekonomi, dengan biaya energi rata-rata (LCOE) untuk angin darat diproyeksikan turun dari 0,39 CNY/kWh pada tahun 2020 menjadi 0,30 CNY/kWh pada tahun 2030 dan 0,21 CNY/kWh pada tahun 2060.

Ekonomi politik arus utama biasanya mengabaikan dimensi ini. Pertumbuhan dimodelkan sebagai fungsi akumulasi modal, pasokan tenaga kerja, dan kemajuan teknologi. Energi masuk, jika ada, sebagai komponen biaya atau eksternalitas lingkungan. Sebaliknya, SEV memperlakukan energi sebagai substrat material dari surplus. Tanpa surplus energi yang cukup, dinamika supermultiplier tidak dapat stabil; Disiplin harga menjadi tidak berkelanjutan; kausalitas kumulatif terhenti.

Oleh karena itu, pembangunan jangka panjang Tiongkok harus dianalisis melalui strategi energinya sama seperti melalui kebijakan industrinya. Pendekatan ini mengungkapkan bagaimana intensitas energi PDB Tiongkok terus menurun, didukung oleh kebijakan yang menargetkan pengurangan 13,5% pada tahun 2025 di bawah Rencana Lima Tahun ke-14, bahkan ketika konsumsi listrik secara keseluruhan melampaui pertumbuhan PDB, meningkat dengan proyeksi tingkat pertumbuhan tahunan gabungan sebesar 6,3% dari tahun 2024 hingga 2030.

2. Harga Energi Yang Murah Dan Ekspansi Nilai Tukar Sistemik (SEV)

Ekspansi nilai tukar sistemik pada dasarnya bergantung pada rasio antara input energi dan output yang dapat digunakan. Ketika energi menjadi lebih murah dalam nilai riil - karena efisiensi produksi meningkat, peningkatan energi terbarukan menurunkan biaya marjinal, dan integrasi jaringan mengurangi pemborosan - surplus yang tersedia untuk distribusi akan

meningkat. Pangsa listrik Tiongkok dalam konsumsi energi akhir mencapai 32% pada tahun 2023, meningkat sekitar 1 poin persentase setiap tahunnya, sementara penggunaan bahan bakar fosil di gedung, industri, dan transportasi turun 1,7% dari tahun 2015 hingga 2023. Ekspansi ini terwujud dalam beberapa cara yang saling terkait:

- Biaya input yang lebih rendah menstabilkan harga hulu, seperti yang terlihat dalam efek berantai dari penurunan LCOE (*Levelized Cost of Electricity*) tenaga surya dan angin;
- Biaya unit manufaktur menurun, memperkuat kausalitas kumulatif, dengan sektor energi bersih tumbuh tiga kali lebih cepat daripada perekonomian secara keseluruhan pada tahun 2024;
- Pendapatan riil rumah tangga meningkat karena barang-barang yang intensif energi menjadi lebih murah, didukung oleh penurunan beban listrik; dan
- Investasi publik dapat berkembang tanpa menyebabkan inflasi yang berlebihan, sebagaimana dibuktikan oleh catatan pengeluaran jaringan listrik.

Dengan demikian, harga energi yang murah menjadi penopang stabilitas supermultiplier. Hal ini memungkinkan pertumbuhan permintaan otonom yang berkelanjutan tanpa memicu percepatan harga yang terus-menerus. Hal ini memperbesar surplus yang dapat dibagi antara upah, keuntungan, dan pengeluaran publik.

Yang penting, harga murah ini tidak dicapai hanya melalui subsidi buatan. Hal ini muncul dari skala, pembelajaran teknologi, dan integrasi sistem - tepatnya dinamika yang ditekankan oleh analisis Kaldorian dan Sraffian. Transisi energi menjadi pendorong peningkatan keuntungan daripada penghambat profitabilitas. Harga energi yang lebih tinggi secara historis telah berkontribusi pada penurunan intensitas energi, dengan studi ekonometrik menunjukkan elastisitas harga sendiri yang negatif untuk intensitas energi di Tiongkok dari tahun 1980-2002.

3. Perbedaan Dari Ekonomi Politik Arus Utama

Interpretasi termodinamika ini secara tajam membedakan analisis saat ini dari penjelasan konvensional tentang pertumbuhan Tiongkok. Debat arus utama berkisar pada:

- Rasio investasi versus konsumsi;
- Keberlanjutan utang;
- Kapasitas berlebih; dan
- Distorsi pasar.

Diskusi-diskusi ini tetap terbatas pada agregat moneter. Diskusi-diskusi tersebut gagal mengkaji dasar material dari surplus.

Sebaliknya, kerangka kerja SEV menempatkan fenomena moneter dan harga dalam batasan energi. Pertumbuhan berkelanjutan terjadi ketika surplus energi meningkat; ketidakstabilan muncul ketika EROEI menurun atau ketika surplus dialihkan ke sirkuit berproduktivitas rendah.

Strategi energi Tiongkok - batubara untuk stabilitas awal, energi terbarukan untuk peningkatan skala, dan investasi jaringan untuk integrasi - dapat dilihat sebagai upaya jangka panjang untuk mengamankan dan memperluas substrat energi dari kausalitas kumulatif. Ekonomi politik distribusi surplus, disiplin harga hulu, dan kalibrasi kredit bertumpu pada

fondasi ini. Seiring energi terbarukan melampaui batubara - kapasitas angin dan surya berlipat ganda dari 635 GW pada tahun 2021 menjadi 1.408 GW pada tahun 2024, dengan kapasitas surya melampaui kapasitas batubara pada awal tahun 2025 - lintasan EROEI sistem terus membaik.

Ciri khas model pembangunan Tiongkok bukanlah sekadar koordinasi negara atau tabungan yang tinggi, tetapi penanaman peningkatan industri dalam sistem yang berkembang secara energi. Selama lintasan EROEI membaik dan harga energi murah menstabilkan harga hulu, penutupan supermultiplier tetap layak.

9.8 PEMBANGUNAN TIONGKOK DALAM SEV

Lintasan pembangunan Tiongkok selama beberapa dekade terakhir dapat dipahami sebagai upaya berkelanjutan dalam penyelarasan sistemik, di mana proses ekonomi, energi, dan kelembagaan saling memperkuat. Ketika dianalisis melalui lensa SEV, paradoks yang tampak disorot oleh ekonomi politik arus utama - tabungan tinggi, investasi cepat, periode kelebihan kapasitas yang tampak, dan kenaikan upah riil di samping keuntungan perusahaan yang stabil - tidak lagi tampak anomali. Sebaliknya, hal itu merupakan sifat-sifat yang muncul dari sistem pertumbuhan yang berlandaskan termodinamika, kumulatif, dan dimediasi secara kelembagaan.

Inti dari sistem ini terletak pada pengelolaan surplus yang disiplin. Dalam kerangka kerja yang terinspirasi oleh Sraffia, surplus dihasilkan secara struktural setelah persyaratan reproduksi terpenuhi, tetapi distribusi dan reinvestasinya menentukan lintasan akumulasi. Pendekatan Tiongkok secara konsisten mengalihkan surplus dari penangkapan rentier ke aktivitas yang memperluas kapasitas produktif, meningkatkan koefisien produksi, dan meningkatkan efisiensi energi baik produksi maupun penggunaan. Pembagian keuntungan telah dimodulasi bukan untuk menekan pengembalian, tetapi untuk memastikan bahwa pendapatan riil rumah tangga dan laba ditahan tumbuh secara terkoordinasi, memungkinkan perluasan konsumsi, investasi, dan peningkatan infrastruktur secara simultan.

Disiplin surplus ini beroperasi bersamaan dengan stabilitas harga hulu. Harga di sektor-sektor strategis - energi, transportasi, keuangan, dan input industri utama - sebagian diatur dan terus dikalibrasi, sementara pasar dan penegakan persaingan berfungsi sebagai instrumen disiplin daripada sebagai mekanisme penyeimbang otonom. Stabilitas harga hulu mengalir melalui matriks produksi Sraffian, membentuk koefisien hilir, mencegah tekanan inflasi, dan menambatkan penutupan supermultiplier. Pertumbuhan permintaan otonom, yang dibiayai oleh ekspansi likuiditas yang dikalibrasi, dengan demikian diserap oleh sistem yang struktur produktifnya terus beradaptasi, daripada menghasilkan inflasi harga yang tidak berkelanjutan.

Kausalitas kumulatif yang melekat dalam struktur industri Tiongkok semakin memperkuat dinamika ini. Manufaktur, sebagai sektor yang dicirikan oleh peningkatan pengembalian, pembelajaran melalui praktik, dan keterkaitan antar sektor yang kuat, menghasilkan perluasan produktivitas dan efisiensi energi yang saling memperkuat. Meningkatnya EROEI dalam produksi dan penggunaan memperluas surplus energi, yang kemudian dapat mendukung upah riil yang lebih tinggi, retensi laba, dan investasi publik.

Rotasi sektoral - dari industri berat dan manufaktur ekspor ke manufaktur canggih, teknologi hijau, dan infrastruktur digital - memastikan bahwa kausalitas kumulatif diperbarui pada tingkat kecanggihan teknologi dan energi yang semakin tinggi.

Landasan energi dari model ini sangat menentukan. Energi bukanlah input yang dapat dipertukarkan tetapi kendala yang tidak dapat digantikan yang memediasi dasar material dari nilai tukar sistemik. Strategi Tiongkok - memanfaatkan batu bara untuk stabilitas awal, meningkatkan energi terbarukan untuk memperluas batas energi, dan berinvestasi dalam infrastruktur jaringan untuk mengintegrasikan dan menstabilkan aliran energi - telah mempertahankan dan meningkatkan EROEI di seluruh sistem produksi. Murahnya energi, yang berasal dari skala dan peningkatan teknologi, mendukung harga hulu yang kompetitif, mengurangi koefisien produksi efektif, dan memperbesar surplus yang tersedia untuk akumulasi yang bermanfaat secara sosial. Dalam istilah SEV, perluasan energi murah dan melimpah tidak dapat dipisahkan dari perluasan nilai tukar sistemik itu sendiri.

Secara keseluruhan, elemen-elemen ini membentuk sistem yang koheren: stabilitas harga hulu menjadi jangkar bagi dinamika supermultiplier kumulatif; surplus dikelola dan didaur ulang untuk meningkatkan kapasitas produktif dan energi; manufaktur dan rotasi sektoral menghasilkan peningkatan produktivitas dan EROEI yang saling memperkuat; infrastruktur energi menstabilkan dan memperluas substrat material surplus. Penyimpangan, seperti ledakan properti tahun 2015–2020, menggambarkan sensitivitas sistem terhadap alokasi kredit dan surplus yang salah, namun respons regulasi menunjukkan kapasitas untuk penataan ulang kelembagaan guna memulihkan koherensi sistemik.

Dilihat melalui lensa SEV, pengalaman pembangunan Tiongkok bukanlah anomali pertumbuhan yang didorong oleh tabungan atau investasi yang tinggi, dan juga tidak dapat sepenuhnya dijelaskan oleh model keseimbangan konvensional atau model yang dibatasi oleh permintaan. Sebaliknya, hal itu mencontohkan proses ekspansi kumulatif yang berlandaskan termodinamika, dimediasi secara institusional, dan asimetris secara sektoral, di mana dimensi ekonomi, energi, dan sosial terintegrasi secara sistematis. Pertumbuhan pendapatan riil, peningkatan teknologi, dan pengembangan infrastruktur muncul bukan sebagai pencapaian kebijakan yang terpisah, tetapi sebagai ekspresi terkoordinasi dari manajemen surplus, peningkatan pengembalian sektoral, dan efisiensi energi.

Kesimpulannya, pengalaman Tiongkok menunjukkan bahwa pertumbuhan yang berkelanjutan dan didorong oleh permintaan dimungkinkan ketika surplus, kredit, dan energi dikelola sebagai komponen yang saling bergantung dari sistem produksi yang tertanam secara termodinamika. Kerangka kerja SEV menyediakan alat analitik dan kosakata konseptual untuk memahami proses ini, menawarkan sudut pandang yang menghubungkan kendala material, desain institusional, dan dinamika makroekonomi dalam satu alur penjelasan yang koheren. Dengan mengintegrasikan kaskade harga Sraffian, kausalitas kumulatif Kaldorian, dan pertimbangan energi, pendekatan ini menempatkan lintasan pembangunan Tiongkok sebagai mode akumulasi sistemik yang khas, yang mampu mempertahankan peningkatan standar hidup, kemajuan teknologi, dan daya saing global selama beberapa dekade berturut-turut.

BAB 10

SRAFFA, RANTAI PASOK, DAN REPRODUKSI EKONOMI

10.1 SISTEM RANTAI INDUSTRI

Pendekatan Tiongkok terhadap pembangunan industri secara fundamental berbeda dari logika ekonomi Barat yang berpusat pada keseimbangan. Di mana teori neoklasik memperlakukan pasar sebagai mekanisme pengaturan diri yang menyeimbangkan penawaran dan permintaan, pemikiran kebijakan Tiongkok menganggap pasar sebagai instrumen alokatif yang tertanam dalam sistem reproduksi terkoordinasi yang lebih besar. Tujuannya bukanlah efisiensi alokatif itu sendiri, tetapi kelangsungan sistemik - kapasitas jaringan produktif untuk mempertahankan inovasi, lapangan kerja, dan reproduksi material dari waktu ke waktu.

Konsep rantai industri (产业链 *chanye lian*) menangkap orientasi sistemik ini. Ini mencerminkan pemahaman bahwa produksi bukanlah hasil dari keputusan tingkat perusahaan yang terisolasi, tetapi interaksi terkoordinasi dari aktivitas hulu dan hilir, yang didukung oleh lembaga negara, infrastruktur publik, dan perantara keuangan. Setiap rantai industri merupakan sistem reproduksi terintegrasi, yang menghubungkan ekstraksi bahan baku, pemrosesan antara, manufaktur, logistik, dan konsumsi ke dalam urutan yang koheren. Konsepsi ini sangat mirip dengan pandangan Sraffa tentang produksi sebagai proses sirkular komoditas yang diproduksi melalui komoditas. Namun, sementara Sraffa memberikan deskripsi teoretis tentang sistem tersebut, kebijakan industri Tiongkok mengoperasionalkannya sebagai objek tata kelola. Peran negara adalah untuk memastikan bahwa saling ketergantungan material, teknologi, dan keuangan dari rantai tersebut tetap layak sehingga sistem dapat mereproduksi dirinya sendiri melalui siklus akumulasi yang berurutan.

Dalam wacana kebijakan Tiongkok, rantai industri sering digambarkan dalam istilah hierarkis: segmen hulu, tengah, dan hilir, yang secara kasar sesuai dengan sektor primer, sekunder, dan tersier dari ekonomi politik klasik. Hierarki ini bukan hanya deskriptif; ini mencerminkan pengakuan akan signifikansi strategis yang berbeda dari setiap lapisan dalam sistem reproduksi nasional.

Sektor hulu - seperti energi, sumber daya, dan bahan dasar - membentuk fondasi energi dan material ekonomi. Sektor-sektor ini didominasi oleh BUMN, yang mandatnya bukanlah profitabilitas jangka pendek tetapi stabilitas sistemik. Dengan mempertahankan kendali atas basis energi, negara memastikan bahwa seluruh jaringan industri mempertahankan kapasitas reproduksinya, melindunginya dari volatilitas pasar komoditas global. Sektor-sektor tengah, termasuk mesin, bahan kimia, dan manufaktur komponen, merupakan tempat peningkatan teknologi dan peningkatan produktivitas. Di sini, bimbingan negara dikombinasikan dengan persaingan pasar untuk mendorong inovasi dan penyempurnaan proses. Terakhir, sektor-sektor hilir, yang meliputi barang konsumsi, jasa, dan platform digital, menerjemahkan kapasitas sistemik menjadi permintaan akhir. Sektor-sektor

ini lebih rentan terhadap persaingan pasar dan seringkali berfungsi sebagai antarmuka antara produksi domestik dan konsumsi global.

Koordinasi di antara lapisan-lapisan ini - yang dicapai melalui perencanaan, investasi yang ditargetkan, dan instrumen kebijakan industri - merupakan inti dari tata kelola reproduksi sistemik Tiongkok. Setiap lapisan dikelola dengan mengacu pada perannya dalam mempertahankan kelangsungan hidup keseluruhan jaringan industri.

Dalam wacana Barat, negara seringkali digambarkan sebagai regulator pasar, yang mengoreksi eksternalitas atau menyediakan barang publik. Dalam kerangka kerja Tiongkok, negara justru berperan sebagai koordinator utama reproduksi, atau mungkin dalam istilah yang lebih tepat, sebagai kurator dan penggerak potensi koordinasi sistemik. Tujuannya adalah untuk menjaga koherensi di seluruh sistem industri, memastikan bahwa surplus yang dihasilkan di satu segmen diinvestasikan kembali di segmen lain, bahwa aliran energi dan material tetap selaras dengan tujuan teknologi dan sosial, dan bahwa tidak ada titik kritis dalam jaringan pasokan yang menjadi titik kerapuhan sistemik. Kurasi dan penggerakan difokuskan pada keberlanjutan aliran nilai. Koordinasi ini beroperasi melalui berbagai mekanisme:

- Perencanaan strategis (Rencana Lima Tahun dan strategi sektoral) mengidentifikasi rantai industri utama untuk diperkuat atau dibangun kembali;
- Kepemimpinan BUMN di sektor hulu mengamankan kendali atas input penting, menstabilkan biaya energi dan material;
- Kebijakan keuangan dan fiskal menyalurkan modal ke simpul strategis - manufaktur canggih, infrastruktur, dan penelitian & pengembangan teknologi - memastikan reproduksi yang seimbang di seluruh rantai; dan
- Inisiatif pemerintah daerah menyelaraskan pembangunan regional dengan tujuan nasional, mendorong kluster inovasi yang tersebar secara spasial.

Bersama-sama, mekanisme ini berfungsi sebagai perwujudan kelembagaan dari sistem reproduksi Sraffa - yaitu, struktur di mana harga relatif, upah, dan keuntungan tidak dibiarkan "menyeimbangkan" secara spontan tetapi dipandu untuk mempertahankan kelangsungan sistemik.

Berlawanan dengan stereotip kontrol negara yang menghambat inovasi, sistem Tiongkok bergantung pada persaingan yang diatur dalam kerangka reproduksi yang terkoordinasi. Perusahaan bersaing secara horizontal - di dalam sektor dan di sepanjang rantai - untuk berinovasi, meningkatkan efisiensi, dan merebut pangsa pasar. Namun, persaingan ini berlangsung dalam ruang terbatas yang ditentukan oleh prioritas yang dikoordinasikan oleh negara. Tujuannya bukanlah keseimbangan statis, tetapi reproduksi dinamis—dengan kata lain, pembaruan terus-menerus dari struktur produksi melalui inovasi. Hal ini konsisten dengan gagasan Sraffian bahwa perubahan teknologi mengubah koefisien produksi dan oleh karena itu membutuhkan penyesuaian konstan dalam distribusi dan penetapan harga untuk menjaga keseimbangan sistem.

Kebijakan industri Tiongkok secara eksplisit menganut logika ini. Inisiatif seperti *Made in China 2025*, sirkulasi ganda, dan pengembangan kekuatan produktif berkualitas baru

berupaya memastikan bahwa peningkatan teknologi memperkuat, bukan menggoyahkan, kelangsungan sistemik. Setiap gelombang inovasi diarahkan untuk memperkuat koherensi rantai industri. Hal ini dilakukan dengan mencegah disartikulasi yang sering terjadi ketika inovasi berlangsung tanpa penjangkaran sistemik, seperti yang terlihat dalam ekonomi digital Barat yang terfragmentasi.

Model Tiongkok juga mengakui bahwa distribusi surplus adalah masalah politik, bukan hasil otomatis dari pasar. Upah, keuntungan, dan reinvestasi dikoordinasikan untuk memastikan reproduksi sosial. Pada tingkat mikro, perusahaan menegosiasikan hubungan tenaga kerja-modal dalam batasan yang ditetapkan oleh kebijakan industri dan hukum ketenagakerjaan. Pada tingkat meso, koordinasi rantai pasokan memastikan bahwa tidak ada mata rantai penting yang secara sistematis kehilangan surplus, sehingga menjaga kelangsungan rantai tersebut. Pada tingkat makro, redistribusi fiskal melalui investasi publik, pengembangan infrastruktur, dan penyediaan kesejahteraan, menstabilkan permintaan agregat dan mendukung pertumbuhan inklusif.

Manajemen surplus berlapis-lapis ini mencerminkan penentuan upah-keuntungan Sraffa tetapi menanamkannya dalam kerangka kerja yang bertujuan sosial. Upah bukan sekadar harga tenaga kerja tetapi merupakan komponen reproduksi sistemik, memastikan bahwa rumah tangga dapat mempertahankan konsumsi dan stabilitas sosial sementara akumulasi modal berlangsung. Penekanan Tiongkok pada integritas rantai industri juga telah menjadi strategi geopolitik. Dalam dunia globalisasi yang terfragmentasi, ketahanan rantai industri merupakan masalah ekonomi dan keamanan. Kebijakan yang mempromosikan "sirkulasi ganda" dan kemandirian rantai pasokan bukanlah isolasionis tetapi bertujuan untuk menyeimbangkan kembali ketergantungan dan kendali dalam sistem reproduksi global. Dengan memperkuat kemampuan hulu dan tengah di dalam negeri, Tiongkok mengurangi paparannya terhadap guncangan eksternal dan mempertahankan otonomi atas basis energi dan teknologi produksi. Strategi ini selaras dengan logika termodinamika yang diuraikan sebelumnya: mempertahankan kendali atas aliran energi dan material memastikan bahwa surplus energi sistem nasional tetap tersedia untuk investasi kembali di dalam negeri.

Sebaliknya, ekonomi Barat sering kali mengalihkan fondasi ini ke luar negeri melalui outsourcing global, mengandalkan sinyal harga dan keunggulan komparatif. Hasilnya adalah peningkatan efisiensi sementara tetapi kerapuhan jangka panjang dengan peningkatan paparan terhadap gangguan pasokan, volatilitas energi, dan hilangnya pengetahuan produktif. Penekanan Tiongkok pada kedaulatan rantai industri dengan demikian mewakili penegasan strategis kembali kendali sistemik atas kondisi reproduksi.

Strategi rantai industri Tiongkok didasarkan pada prinsip peradaban yang dapat digambarkan sebagai ekonomi sebagai harmoni dalam gerakan, bukan keseimbangan. Tujuannya bukanlah untuk meminimalkan harga atau memaksimalkan keuntungan individu, tetapi untuk menjaga kelancaran sirkulasi—arus—energi, material, dan nilai guna di seluruh masyarakat. Hal ini selaras dengan rekonstruksi sistem reproduksi Sraffa dan tradisi filosofis Tiongkok klasik yang menghargai keteraturan melalui keseimbangan. Dalam visi ini, pasar adalah instrumen koordinasi; negara, penjaga koherensi; dan sistem produktif, organisme

kolektif yang harus mempertahankan vitalitas material dan moral. Dalam konteks ini, model Tiongkok menawarkan contoh kontemporer tentang bagaimana ekonomi dapat dipandu bukan oleh pengejaran efisiensi marginal, tetapi oleh pemeliharaan negentropi sistemik. Tujuan dasarnya adalah regenerasi kompleksitas teratur secara terus-menerus melalui koordinasi yang sadar.

10.2 MARSHALL, SRAFFA, DAN PEMBANGUNAN TIONGKOK

Inti dari refleksi komparatif ini terletak pada perbedaan mendalam dalam cara sistem ekonomi dibayangkan dan diatur. Kerangka kerja Marshall, Sraffa, dan Tiongkok masing-masing menawarkan ontologi produksi dan nilai yang berbeda, dan oleh karena itu pemahaman yang berbeda tentang apa itu ekonomi dan bagaimana ekonomi mempertahankan dirinya dari waktu ke waktu.

Prinsip-prinsip Ekonomi Alfred Marshall memformalkan visi ekonomi sebagai seperangkat pasar yang secara alami cenderung menuju keseimbangan melalui penyesuaian independen antara penawaran dan permintaan. Harga, dalam pandangan ini, menandakan kelangkaan dan preferensi, mengarahkan sumber daya ke penggunaan yang paling efisien. Perusahaan diperlakukan sebagai fungsi produksi - kotak hitam yang mengubah input menjadi output dengan pengembalian yang semakin berkurang. Kerangka kerja ini mendasari ekonomi kesejahteraan modern dan ortodoksi neoklasik yang menyamakan efisiensi dengan keseimbangan. Peningkatan produktivitas dilihat sebagai pergeseran dalam fungsi produksi, yang ditangkap secara empiris oleh ukuran seperti TFP. Distribusi pendapatan sosial dijelaskan oleh produktivitas marjinal: setiap faktor produksi menerima imbalan "yang adil" sesuai dengan kontribusinya.

Kekuatan pendekatan ini terletak pada kesederhanaan analitisnya, tetapi itu juga merupakan kelemahannya. Dengan mereduksi ekonomi menjadi serangkaian transaksi yang teratomisasi, teori Marshallian mengabaikan struktur, saling ketergantungan, dan kekuasaan. Teori ini membayangkan dunia tanpa jaringan, tanpa reproduksi, dan tanpa entropi. Perusahaan terisolasi, pasar tanpa gesekan, dan dinamika sistemik ditekan menjadi keseimbangan statis. Dalam kerangka ini, pertanyaan tentang bagaimana produksi mereproduksi dirinya sendiri - secara material, energetik, dan sosial - sama sekali tidak muncul. Namun, justru inilah pertanyaan yang harus dihadapi oleh ekonomi modern, dan terutama masyarakat industri.

Kritik Piero Sraffa terhadap ekonomi Marshallian menghancurkan ilusi keseimbangan dengan memperkenalkan kembali saling ketergantungan struktural produksi. Dalam kerangka kerjanya, komoditas diproduksi melalui komoditas lain, membentuk sistem sirkular di mana setiap sektor bergantung pada sektor lain untuk inputnya. Ekonomi bukanlah agregasi pasar tetapi jaringan hubungan produksi yang didukung oleh surplus. Harga dalam sistem ini tidak ditentukan oleh penawaran dan permintaan, tetapi oleh koefisien teknis dan variabel distribusi - dalam skema Sraffa, hubungan upah-keuntungan. Model Sraffa mengungkapkan bahwa apa yang oleh kaum neoklasik dianggap sebagai pengembalian faktor alami sebenarnya adalah hasil dari pilihan sosial dan kelembagaan. Ekonomi hanya mereproduksi dirinya sendiri selama

surplus didistribusikan dengan cara yang mendukung akumulasi modal dan reproduksi tenaga kerja. Dengan demikian, Sraffa mengubah objek analisis ekonomi dari keseimbangan menjadi reproduksi. Pertanyaan sentralnya bukanlah: "Pada harga berapa penawaran dan permintaan bertemu?" tetapi: "Dalam kondisi teknis dan distribusi apa sistem dapat mereproduksi dirinya sendiri?" Pergeseran ini memiliki implikasi yang mendalam. Ini mendefinisikan kembali efisiensi sebagai kelangsungan hidup - kemampuan sistem untuk mempertahankan koherensi dari waktu ke waktu - dan menempatkan distribusi dan kekuasaan di jantung kehidupan ekonomi. Formalisme Sraffa, meskipun abstrak, mengarah pada ekonomi yang dipahami sebagai organisme yang kompleks dan saling bergantung, bukan sebagai mekanisme yang menyesuaikan diri.

Strategi ekonomi modern Tiongkok, khususnya sejak tahun 2000-an, dapat dilihat sebagai realisasi praktis dari logika sistemik Sraffa dalam kerangka negara pembangunan. Para pembuat kebijakan Tiongkok memperlakukan sistem industri bukan sebagai pasar penyeimbang, tetapi sebagai jaringan reproduktif yang membutuhkan koordinasi aktif.

Gagasan utama rantai industri mewujudkan pandangan ini. Setiap rantai - dari energi dan material hingga manufaktur canggih dan pasar konsumen - dilihat sebagai keseluruhan struktural, yang terdiri dari simpul-simpul yang saling bergantung yang kelangsungan kolektifnya harus dipastikan. Peran negara adalah untuk mempertahankan koherensi teknis, energi, dan keuangan dari rantai-rantai ini, menggunakan pasar secara instrumental untuk mengalokasikan sumber daya dalam strategi reproduksi yang menyeluruh.

Tidak seperti cita-cita Marshall tentang keseimbangan terdesentralisasi, model Tiongkok secara struktural hierarkis dan terkoordinasi secara fungsional. Sektor hulu dikendalikan secara strategis melalui BUMN untuk mengamankan fondasi energi dan material; sektor tengah dan hilir beroperasi dalam lingkungan kompetitif yang mendorong inovasi tetapi tetap berlandaskan pada prioritas sistemik. Sistem keuangan diarahkan untuk mempertahankan titik-titik kritis, sementara kerangka perencanaan—rencana lima tahun, kebijakan industri, dan koordinasi regional—memastikan koherensi jangka panjang. Logika ini mengubah "pasar" dari hakim yang mengoreksi diri sendiri menjadi subsistem dari aparatus reproduksi. Pasar mengirimkan sinyal tentang kelangkaan dan peluang, tetapi pasar tidak menentukan tujuan organisasi ekonomi. Tujuannya adalah reproduksi berkelanjutan dari sistem nasional - material, sosial, dan dalam hal fundamental absolut, energi - bukan optimasi harga secara instan. Kontras antara paradigma ini dapat diringkas sebagai pergeseran objek optimasi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Kontras Paradigma

Kerangka Kerja	Unit Analisis	Tujuan	Mekanisme	Ukuran Keberhasilan
Marshallian	Perusahaan/pasar	Efisiensi alokatif	Keseimbangan harga	Produktivitas Marjinal (TFP)
Sraffian	Sistem produksi	Kelayakan reproduksi	Distribusi surplus	Koherensi Sistemik
Tiongkok	Rantai industri/sistem nasional	Reproduksi dan inovasi yang terkoordinasi	Pasar yang dipandu negara	Kelangsungan Hidup dan Ketahanan Jaringan

Pendekatan Tiongkok, meskipun tidak secara eksplisit berasal dari Sraffa, mewujudkan wawasan utamanya: stabilitas ekonomi bergantung pada reproduksi kondisi material dan sosialnya, bukan pada kesempurnaan keseimbangan pasar. Dalam pengertian ini, kebijakan industri Tiongkok dapat dibaca sebagai makroekonomi Sraffa dalam praktik - kerangka kerja pragmatis untuk mengelola sistem yang saling bergantung dalam kondisi ketidakpastian dan perubahan.

Jika kita menafsirkan produksi sebagai transformasi energi, perbedaan antara paradigma ini menjadi lebih jelas. Model Marshall mengabaikan energi sama sekali; ia mengasumsikan substitusi tak terbatas dan proses yang dapat dibalik. Sraffa memperkenalkan kembali struktur material tetapi tetap secara formal agnostik tentang substrat energi. Model Tiongkok, sebaliknya, secara implisit mengintegrasikan energi dan informasi - melalui prioritas kontrol hulu, peningkatan teknologi, dan koordinasi digital - ke dalam strategi tata kelola termodinamika.

Strategi ini bertujuan untuk melestarikan negentropi: aliran energi, material, dan nilai yang terorganisir yang menopang tatanan sosial. Lembaga negara berfungsi sebagai pengatur entropi, mencegah disipasi melalui spekulasi keuangan, fragmentasi, atau ketergantungan eksternal. Dengan demikian, kebijakan industri menjadi bentuk termodinamika sistemik, yang mengatur aliran energi dan informasi melalui tubuh ekonomi untuk mempertahankan reproduksi dan potensi adaptif. Rantai pasokan, dilihat melalui lensa komparatif ini, muncul sebagai objek ideal tingkat meso dari penyelidikan ekonomi. Ia menghubungkan proses mikro produksi dan pertukaran dengan struktur makro energi, keuangan, dan tata kelola. Dalam ruang ini, sistem abstrak Sraffa memperoleh daya tarik empiris: koefisien produksi menjadi hubungan antar perusahaan; distribusi upah-keuntungan menjadi pertanyaan tawar-menawar dan kebijakan; dan kelangsungan sistem menjadi masalah ketahanan jaringan dan kapasitas inovasi.

Bagi ekonomi Barat yang berjuang dengan deindustrialisasi dan fragmentasi, perspektif ini menawarkan jalan ke depan. Memulihkan koherensi sistemik membutuhkan pembangunan kembali bukan hanya daya saing perusahaan individu tetapi juga kelangsungan seluruh jaringan produksi - mengintegrasikan kebijakan energi, investasi industri, dan distribusi sosial ke dalam satu logika reproduksi. Pada akhirnya, perbedaan antara paradigma Marshall, Sraffa, dan Tiongkok bukan hanya bersifat teknis tetapi juga filosofis. Ekonomi Marshall mencari keseimbangan, rekonsiliasi statis antara kepentingan pribadi. Sistem Sraffa mencari reproduksi, keseimbangan dinamis antara hubungan teknis dan sosial. Logika pembangunan Tiongkok mencari keteraturan melalui koordinasi; ini adalah pengelolaan sadar atas arus yang menopang keseluruhan. Masing-masing mewakili respons yang berbeda terhadap masalah entropi dalam sistem sosial. Pendekatan Marshall menyangkalnya. Kerangka kerja Sraffa mengungkapkannya. Strategi Tiongkok mengelolanya. Untuk melampaui kebuntuan ekonomi neoliberal, teori kontemporer harus belajar berpikir seperti rantai pasokan: bukan dalam hal agen dan keseimbangan yang terisolasi, tetapi dalam sistem yang mengubah energi, mendistribusikan surplus, dan mereproduksi diri melalui kompleksitas yang terkoordinasi. Dalam hal ini, warisan Sraffa menemukan kelanjutannya yang hidup, bukan hanya dalam teori

abstrak, tetapi dalam praktik tata kelola sistemik yang berkembang yang diwujudkan dalam strategi rantai industri Tiongkok.

10.3 ENTROPI SISTEMIK, NEGENTROPI, DAN REPRODUKSI NILAI

Ketika ekonomi dipahami bukan sebagai kumpulan pasar yang menyeimbangkan, tetapi sebagai sistem reproduksi material yang kompleks dan bergantung pada energi, nilai itu sendiri harus dikonseptualisasikan ulang. Aliran nilai melalui rantai pasokan tidak dapat dipisahkan dari transformasi energi dan materi menjadi struktur terorganisir yang menopang kehidupan, produksi, dan tatanan sosial. Perspektif ini menghubungkan logika reproduksi Sraffa dengan kerangka termodinamika yang lebih luas tentang entropi dan negentropi, yaitu ketegangan antara disipasi dan organisasi yang mendefinisikan semua sistem terbuka.

Dalam dunia Marshallian, harga dipandang sebagai refleksi efisien dari kelangkaan dan keseimbangan memastikan alokasi optimal. Tetapi dari perspektif sistemik, keseimbangan sesuai dengan entropi maksimum - keadaan stagnasi di mana tidak ada gradien energi lebih lanjut yang ada untuk mendorong transformasi. Kehidupan, produksi, dan pembangunan ekonomi, sebaliknya, bergantung pada negentropi: penciptaan dan pemeliharaan struktur teratur melalui penangkapan dan penggunaan perbedaan energi. Sistem ekonomi bertahan dengan terus-menerus mengubah sumber daya berentropi rendah (mineral, bahan bakar, upaya manusia, informasi) menjadi keluaran terstruktur yang mewujudkan energi yang dapat digunakan dan kompleksitas yang terorganisir.

Kerangka kerja Sraffa secara implisit mengakui prinsip ini. Surplus dalam sistemnya - keluaran di atas masukan yang dibutuhkan untuk reproduksi - adalah ekspresi ekonomi dari margin negentropi. Ini adalah perbedaan antara apa yang dikonsumsi sistem dan apa yang dapat direproduksinya, yang dipertahankan melalui organisasi teknologi, energi, dan sosial. Distribusi surplus ini antara upah dan keuntungan serta antar sektor, tidak hanya menentukan pangsa pendapatan, tetapi juga jalur sosial di mana negentropi dipertahankan: melalui konsumsi dan pembaruan tenaga kerja, serta melalui reinvestasi dan inovasi dalam kapasitas produktif.

Di era kontemporer, tata kelola rantai industri Tiongkok dapat dilihat sebagai arsitektur kebijakan negentropi yang disengaja. Dengan menjaga koherensi di seluruh jaringan produksi, berinvestasi dalam sistem energi hulu, dan mengoordinasikan inovasi di seluruh batas teknologi, negara memastikan bahwa ekonomi tetap menjadi sistem yang terbuka dan adaptif yang mampu menahan kekacauan dan guncangan eksternal. Ini bukan sekadar tentang "efisiensi" dalam pengertian Marshall, tetapi tentang mempertahankan kapasitas untuk mengatur energi dan informasi, yang merupakan prasyarat mendasar untuk kelangsungan hidup jangka panjang. Dalam konteks ini, "nilai tukar sistemik" menjadi ukuran bukan dari harga penyeimbang pasar, tetapi dari negentropi sistemik - sejauh mana suatu ekonomi dapat mereproduksi dirinya sendiri sambil mempertahankan dan memperluas struktur keteraturan yang memungkinkan produksi lebih lanjut. Kekayaan sejati suatu bangsa terletak bukan pada keseimbangan pasarnya, tetapi pada aliran energi, material, dan kerja sama sosial yang terorganisir yang menjaga sistem produktifnya tetap hidup.

BAB 11

DELEVERAGING & FINANSIALISASI (SEV)

11.1 PENDAHULUAN

Dalam pemahaman kita tentang ekonomi moneter, perluasan modal fiktif harus dipahami bukan sebagai penyimpangan dari akumulasi, tetapi sebagai respons spesifik secara historis terhadap kendala validasi yang terus-menerus dalam sirkuit modal. Dalam kondisi di mana produksi semakin melampaui kapasitas sistem untuk memvalidasi komoditas melalui penjualan dengan harga yang diharapkan, akumulasi menghadapi hambatan realisasi. Masalahnya bukanlah kelangkaan surplus, tetapi ketidakmampuan untuk secara andal mengubah nilai energi surplus yang terkandung dalam komoditas menjadi bentuk uang dalam jangka waktu yang dapat diterima.

Dari perspektif SEV, ini merupakan defisit validasi: sistem produktif menghasilkan nilai guna lebih cepat daripada struktur kelembagaan, informasi, dan organisasi yang diperlukan untuk mengkonfirmasi pertukaran nilai tersebut. Sebagai respons, sistem memperluas sirkuit nilai tukar bersyarat, yaitu, klaim atas aliran pendapatan masa depan yang validasinya terlepas dari realisasi komoditas langsung. Dengan demikian, modal fiktif muncul sebagai pengganti validasi, memungkinkan surplus untuk diakui dan dimobilisasi sesaat tanpa melewati sirkuit komoditas–uang–komoditas (C–M–C') penuh.

Dinamika kedua yang saling melengkapi memperkuat kecenderungan ini. Laba ditahan - yang sudah divalidasi dalam bentuk uang - menghadapi asimetri struktural dalam opsi reinvestasi. Penyerapan kembali ke dalam kapasitas produktif yang diperluas memperkenalkan kembali masalah validasi di masa depan: waktu perputaran yang lebih lama, paparan terhadap ketidakpastian permintaan, dan kebutuhan untuk realisasi dalam skala besar. Sebaliknya, penyerapan ke dalam sirkuit modal fiktif menawarkan kecepatan sirkulasi yang lebih tinggi dan siklus monetisasi yang lebih pendek. Dari sudut pandang modal sebagai nilai yang berkembang sendiri, modal fiktif menjadi vektor akumulasi yang lebih disukai karena mempercepat M–M' tanpa memasuki kembali wilayah berisiko validasi komoditas.

Bersama-sama, dinamika ini memunculkan apa yang secara formal dapat dijelaskan dalam istilah SEV sebagai Mekanisme Validasi-Substitusi dan Preferensi Kecepatan (VSVPM). Mekanisme ini beroperasi sebagai berikut:

1. Tekanan validasi muncul ketika kapasitas produktif berkembang lebih cepat daripada saluran realisasi yang andal;
2. Modal fiktif berkembang sebagai bentuk validasi pengganti, mengubah surplus masa depan yang tidak pasti menjadi klaim saat ini yang dapat diperdagangkan;
3. Laba ditahan mengalir secara preferensial ke sirkuit keuangan berkecepatan tinggi, memperkuat perluasan nilai tukar bersyarat;
4. Stabilisasi jangka pendek dicapai dengan mempertahankan likuiditas, laba, dan solvabilitas neraca; dan

5. Ketidakstabilan jangka panjang meningkat seiring dengan melebarnya kesenjangan antara pertumbuhan klaim keuangan dan kapasitas sistem untuk memvalidasinya melalui produksi nilai guna dan permintaan akhir.

Dalam istilah Marxis, ini mewakili pemisahan yang semakin dalam antara proses valorisasi dan produksi nilai guna; dalam istilah Sraffian, redistribusi surplus ke arah klaim berbasis aset daripada reproduksi produktif. Dalam kerangka SEV, ini menandai pergeseran dari validasi melalui nilai guna yang terealisasi ke validasi melalui klaim yang beredar, dengan kecepatan sirkulasi bertindak sebagai pengganti koherensi ekonomi. Hiper-finansialisasi, dengan demikian, bukan sekadar spekulasi berlebihan atau kegagalan regulasi. Ini adalah respons sistemik terhadap kendala validasi yang belum terselesaikan; respons yang untuk sementara menstabilkan akumulasi dengan mempercepat perputaran moneter, sekaligus memperburuk ketidakseimbangan struktural yang membuat sistem semakin rapuh.

Dinamika kredit adalah tempat VSVPM berhenti menjadi sekadar alokatif dan menjadi destabilisasi. Kita dapat memeriksa hal ini dengan secara eksplisit mengintegrasikan percepatan kredit, penurunan nilai neraca, dan konsolidasi paksa, sambil tetap berpegang pada logika validasi SEV. Kasus pasar perumahan/real estat Tiongkok diperkenalkan untuk mengilustrasikan masalah-masalah tersebut dalam konteks yang konkret.

11.2 PERCEPATAN KREDIT, PENURUNAN NERACA, DAN VSVPM

Dalam ekonomi produksi moneter, kredit bukan hanya penguat akumulasi tetapi juga jembatan sementara melintasi kesenjangan validasi. Ketika VSVPM menjadi dominan, ekspansi kredit bergeser karakternya: dari membiayai reproduksi produktif menuju mempertahankan sirkulasi dan penetapan harga nilai tukar bersyarat. Reorientasi ini secara fundamental mengubah kecepatan dan kerapuhan akumulasi.

1. Percepatan Kredit Sebagai Kompresi Validasi

Dari sudut pandang SEV, percepatan kredit mewakili upaya untuk memampatkan waktu validasi. Alih-alih menunggu konfirmasi realisasi nilai guna, sistem memajukan modal uang terhadap validasi yang diantisipasi. Dalam skema sirkulasi Marx, kredit memungkinkan M untuk melompat lebih cepat dari C' ; dalam istilah Sraffian, ia mengalokasikan kembali klaim surplus sebelum reproduksi materialnya. Dalam kondisi VSVPM, percepatan ini bersifat endogen:

- Modal fiktif yang diperluas meningkatkan permintaan untuk ekspansi neraca;
- Inflasi harga aset meningkatkan nilai jaminan;
- Meningkatnya jaminan melonggarkan kendala pinjaman; dan
- Pertumbuhan kredit melebihi tingkat pertumbuhan output yang tervalidasi.

Dengan demikian, kredit menjadi tidak selaras secara struktural dengan kapasitas validasi ekonomi riil. Apa yang tampak sebagai pendalaman keuangan, dalam istilah SEV, adalah penanggalan validasi sistematis ke depan.

2. Ekspansi Neraca Dan Illusi Solvabilitas

Seiring percepatan kredit, neraca perusahaan dan rumah tangga tampak lebih kuat. Aset dinilai ulang ke atas melalui perputaran pasar keuangan. Kewajiban tetap dapat dilayani

selama kecepatan dipertahankan. Keuntungan semakin direalisasikan melalui apresiasi aset daripada penjualan komoditas. Ini menciptakan kondisi solvabilitas yang tampak tanpa ketahanan validasi yang mendasarinya. Neraca koheren secara internal, tetapi hanya dengan asumsi sirkulasi berkelanjutan. Validasi tidak lagi berlandaskan pada nilai guna yang terealisasi tetapi pada konvensi mark-to-market. Dalam SEV, ini adalah transisi dari neraca yang divalidasi produksi ke neraca yang divalidasi sirkulasi.

3. Penurunan Nilai Sebagai Peristiwa Validasi

Kerapuhan sistem menjadi jelas ketika sirkulasi melambat atau ekspektasi bergeser. Pada titik itu, validasi tertunda yang tertanam dalam kontrak kredit dipaksakan ke masa kini. Inilah momen penurunan nilai neraca.

Penurunan nilai bukanlah suatu kebetulan atau eksogen; ini adalah mekanisme sistem untuk validasi retrospektif. Di sini, harga aset menyesuaikan ke bawah untuk mencerminkan surplus masa depan yang tidak mencukupi. Pembayaran utang menjadi tidak sesuai dengan arus kas yang terealisasi, dan insolvensi mengungkapkan perluasan nilai tukar bersyarat yang berlebihan sebelumnya.

4. Siklus Penurunan Nilai Dan Konsolidasi Produktif

Namun, penurunan nilai tidak selalu menghancurkan kapasitas produktif. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, potensi output seringkali tetap utuh. Yang berubah adalah struktur kepemilikan dan pengendalian. Perubahan ini muncul ketika neraca yang lebih lemah mengalami penurunan nilai atau likuidasi. Pada saat yang sama, entitas yang lebih kuat memperoleh aset produktif dengan valuasi keuangan yang lebih rendah. Dalam kondisi ini, kredit sistem dialokasikan kembali ke neraca yang lebih sedikit dan lebih besar.

Dari perspektif SEV, ini adalah mekanisme validasi ulang melalui konsolidasi. Validasi dipulihkan bukan dengan memperluas permintaan atau menyelesaikan kendala informasi, tetapi dengan mengurangi jumlah klaim yang bersaing untuk surplus. Inilah sebabnya mengapa siklus penurunan nilai sering kali terjadi bersamaan dengan output fisik yang stabil atau meningkat, penurunan nilai modal, dan peningkatan konsentrasi pasar.

5. Lingkaran Sistemik: Dari Stabilisasi Ke Ketidakstabilan

Dengan menggabungkan semua bagian, kita memperoleh lingkaran sistemik tertutup dengan elemen-elemen berikut:

1. Kendala validasi muncul dalam produksi;
2. VSVPM menyalurkan surplus ke modal fiktif;
3. Kredit meningkat untuk mempertahankan kecepatan sirkulasi;
4. Neraca keuangan meluas berdasarkan validasi yang diantisipasi;
5. Penurunan nilai terjadi ketika sirkulasi melambat;
6. Konsolidasi memulihkan koherensi jangka pendek; dan
7. Sistem kembali memasuki akumulasi dengan skala yang lebih besar, konsentrasi yang lebih tinggi, dan ketergantungan keuangan yang lebih dalam.

Setiap siklus menyelesaikan kontradiksi langsung sambil memperdalam ketidakstabilan jangka panjang. Sistem menjadi semakin kurang mampu memvalidasi surplus melalui perluasan nilai guna dan semakin bergantung pada perputaran keuangan dan manajemen

kredit. Hal ini sangat penting karena respons umum terhadap krisis semacam ini adalah peningkatan suntikan likuiditas sektor publik untuk mempertahankan peredaran uang dengan mengimbangi kontraksi kredit bank komersial.

6. Implikasi SEV: Validasi Adalah Kendala Yang Mengikat

Wawasan pemersatu dari kerangka kerja SEV adalah bahwa validasi, bukan produksi, adalah kendala yang mengikat dari sistem ekonomi moneter tingkat lanjut. Percepatan kredit dan penurunan nilai neraca bukanlah patologi yang ditambahkan di atas sistem yang sehat; keduanya adalah instrumen endogen yang digunakan sistem untuk mengelola defisit validasi yang belum terselesaikan. Hiper-finansialisasi dengan demikian tampak bukan sebagai kelebihan, tetapi sebagai adaptasi yang diperlukan namun merusak diri sendiri yang menggantikan kecepatan dengan koherensi, sirkulasi dengan validasi, dan pada akhirnya memaksa penghancuran klaim keuangan secara berkala untuk menyelaraskan kembali sistem dengan fondasi materialnya.

Mari kita ilustrasikan rangkaian dinamika ini dengan menerapkan kerangka kerja VSVP—kredit—penurunan nilai secara langsung pada kontraksi properti di Tiongkok dan rotasi kredit manufaktur selanjutnya. Kemudian saya menunjukkan bagaimana data rantai pasokan yang diaktifkan SEV berfungsi sebagai gangguan struktural terhadap siklus penurunan nilai dengan memulihkan validasi waktu nyata daripada mengandalkan kompresi temporal berbasis kredit.

11.3 KONTRAKSI PROPERTI & ROTASI KREDIT TIONGKOK (VSVP)

Antara tahun 2014 dan 2017, sektor properti Tiongkok menunjukkan dinamika yang serupa. Pengembang menggunakan kredit mudah untuk mengakumulasi lahan dan membiayai proyek, sehingga menaikkan harga lahan dan perumahan. Ekspansi ini didasarkan pada keyakinan bahwa urbanisasi dan peningkatan pendapatan akan mempertahankan permintaan yang berkelanjutan. Namun, dua kendala material muncul:

1. Pergeseran demografis: Perlambatan pembentukan rumah tangga dan populasi yang menua membatasi pertumbuhan permintaan riil; dan
2. Elastisitas pendapatan: Pertumbuhan pendapatan rumah tangga tidak dapat mengimbangi laju inflasi harga properti yang terus meningkat.

Hasilnya adalah ketidaksesuaian yang semakin besar antara cangkang (pengungkitan dan valuasi yang membengkak) dan inti (penyelesaian perumahan fisik dan daya beli pengguna akhir). Perbedaan ini mengundang intervensi kebijakan.

Menyadari risiko sistemik, otoritas Tiongkok meluncurkan kampanye pengurangan utang yang komprehensif. Pada awalnya, kampanye tersebut melibatkan teguran dan peringatan dari Bank Rakyat Tiongkok (PBOC) dan pemerintah pusat. Pada akhir tahun 2017, Gubernur Bank Rakyat China (PBOC) saat itu, Zhou Xiaochuan, berbicara secara terbuka tentang risiko "Momen Minsky" versi China sendiri. Hal ini memperkuat pesan dari pemerintah, melalui deklarasi Presiden Xi Jinping bahwa perumahan adalah untuk ditinggali, bukan untuk spekulasi. Para pengembang juga didorong untuk melepaskan aset yang berlebihan dan mengurangi utang, melalui dorongan tegas dari pihak berwenang.

Beberapa pengembang melakukannya; yang lain tidak. Pada tahun 2020, kekhawatiran tentang utang yang berlebihan di sektor ini tetap ada meskipun ada pesan politik dan "dorongan" secara tertutup untuk mengurangi utang. Tanggapannya adalah tindakan langsung. Kebijakan "tiga garis merah", yang diumumkan pada Agustus 2020, memberlakukan batasan ketat pada rasio utang pengembang. Tujuannya adalah untuk menambatkan kembali klaim keuangan pada realitas material - yaitu, untuk menyelaraskan kembali struktur bangunan dengan inti bangunan. Bagi pengembang, ini berarti mengurangi akuisisi lahan, mengurangi perilaku spekulatif, dan memprioritaskan penyelesaian proyek daripada ekspansi.

Meskipun kebijakan ini menstabilkan risiko sistemik, kebijakan ini menimbulkan tekanan transisi: likuiditas yang lebih ketat, pertumbuhan kredit yang lebih lambat, dan gagal bayar di antara pengembang yang paling agresif. Memang, tingkat ekspansi kredit anjlok dengan cepat dari puncaknya sekitar 18% (2018) menjadi kurang dari 2% pada tahun 2021. Hal ini juga menandai awal penurunan harga, karena tekanan spekulatif berkurang dan pasar menyesuaikan diri kembali ke fundamental. Namun, tidak semua pengembang mematuhi. Evergrande, yang merupakan lambang model pertumbuhan tinggi dan leverage tinggi, berupaya menghindari pembatasan domestik dengan memanfaatkan pasar obligasi internasional. Antara tahun 2017 dan 2020, perusahaan tersebut menerbitkan obligasi dolar dengan imbal hasil tinggi senilai miliaran dolar, secara efektif memindahkan struktur perusahaan dari sistem keuangan yang diatur di Tiongkok ke kumpulan likuiditas global. Sementara itu, inti material tetap berada di kota-kota di Tiongkok daratan.

Investor Barat, yang haus akan imbal hasil dalam lingkungan suku bunga rendah, menyediakan modal dengan asumsi jaminan negara tersirat. Langkah ini untuk sementara melindungi Evergrande dari tekanan pengurangan utang domestik, memungkinkannya untuk melanjutkan pengadaan lahan dan pra-penjualan yang agresif. Namun, aktivitas ini tidak memperluas inti material. Aktivitas tersebut hanya mendaur ulang modal ke posisi spekulatif, memperparah kerapuhan struktur keuangan tersebut.

Strategi ini menggambarkan poin penting: struktur keuangan bersifat elastis secara spasial, tetapi validasinya tetap berakar pada inti asalnya. Kewajiban Evergrande - terlepas dari di mana pembiayaannya - bergantung pada penjualan perumahan dan arus kas di Tiongkok daratan. Ketika permintaan domestik melambat dan regulator mempertahankan disiplin, kontradiksi tersebut muncul. Gagal bayar pun terjadi, dan pada tahun 2025 Evergrande dihapus dari bursa saham Hong Kong, yang mengakibatkan kerugian bagi pemegang obligasi luar negeri. Episode ini menggarisbawahi dua pelajaran:

1. Modal fiktif tidak dapat selamanya menghindari kendala material, bahkan dengan melintasi perbatasan; dan
2. Likuiditas global seringkali salah menilai realitas politik dan struktural, dengan mengasumsikan logika penyelamatan yang tidak berlaku secara universal.

Lintasan sektor properti Tiongkok mengungkapkan bahwa meskipun cangkang keuangan dapat mengembang, bermigrasi, dan bertahan sementara, mereka tidak dapat lepas dari daya tarik gravitasi inti material selamanya. Pengalihan ke luar negeri yang dilakukan Evergrande mendramatisir prinsip ini, menunjukkan kesia-siaan memanfaatkan modal fiktif di luar

kapasitas pembangkitan surplus riil. Episode ini bukanlah anomali tetapi penegasan kembali fakta bahwa fondasi ekonomi adalah material, dan semua klaim simbolis pada akhirnya harus diselaraskan dengan realitas ini.

Sektor real estat Tiongkok sebelum tahun 2020 berfungsi sebagai sirkuit dominan VSVPD paradigmatik. Pengembangan properti menyerap sejumlah besar laba ditahan dan kredit bank karena menawarkan:

- Kecepatan sirkulasi nilai tukar bersyarat yang tinggi (hak penggunaan lahan, pra-penjualan, dan obligasi pengembang);
- Validasi berbasis harga aset yang terlepas dari hunian penggunaan akhir; dan
- Lingkaran umpan balik jaminan yang kuat yang memungkinkan percepatan kredit.

Dari perspektif SEV, properti menggantikan kendala validasi yang belum terselesaikan di tempat lain dalam perekonomian. Properti mengubah tabungan rumah tangga, surplus perusahaan, dan kredit bank menjadi klaim yang dapat diperdagangkan dengan cepat, yang validasinya lebih bergantung pada perputaran dan ekspektasi daripada nilai guna yang terealisasi. Pertumbuhan kredit dengan demikian secara sistematis melampaui kapasitas mendasar perekonomian untuk memvalidasi klaim ini melalui pendapatan rumah tangga dan permintaan akhir.

Seiring intensifikasi VSVPD, kredit properti menjadi semakin bersifat referensial diri. Kenaikan harga memvalidasi pinjaman sebelumnya. Pinjaman sebelumnya membenarkan ekspansi lebih lanjut. Dan pra-penjualan memungkinkan pengembang untuk memonetisasi produksi masa depan sebelum selesai. Ini merupakan bentuk ekstrem dari kompresi validasi atau penentuan tanggal validasi ke depan. Sistem tampak stabil selama kecepatan sirkulasi tetap tinggi. Namun, validasi semakin terlepas dari realisasi nilai guna (kebutuhan perumahan aktual, keterjangkauan, atau pertumbuhan pendapatan).

Ketika kebijakan diperketat dan penjualan melambat, validasi tertunda yang tertanam dalam neraca properti dipaksa ke masa kini. Hasilnya bukanlah runtuhnya kapasitas produksi itu sendiri - bangunan masih ada - tetapi penurunan nilai tukar bersyarat secara massal. Neraca pengembang menjadi tidak mampu bayar. Nilai aset diturunkan, dan klaim kredit dihancurkan atau direstrukturisasi. Siklus penurunan nilai ini mewakili penegasan kembali disiplin validasi secara retrospektif. Sistem tersebut memperbaiki diri bukan dengan memperluas permintaan, tetapi dengan mengurangi stok modal fiktif.

Rotasi kredit pasca-properti menuju manufaktur canggih (kendaraan listrik, baterai, energi terbarukan, dan otomatisasi industri) mencerminkan upaya yang disengaja untuk menambatkan kembali akumulasi dalam sirkuit dengan realisasi nilai guna yang lebih jelas, permintaan yang dapat diekspor, dan rantai validasi yang lebih pendek dan lebih mudah diamati. Dalam hal ini, manufaktur adalah sirkuit VSVPD yang lebih rendah.

Namun, ekspansi manufaktur membawa risiko validasi tersendiri. Kapasitas dapat ditingkatkan lebih cepat daripada pasar menyerap output, sehingga menimbulkan kembali surplus dan tekanan harga. Tanpa intervensi, laba ditahan dan kredit dapat kembali bermigrasi ke sirkuit modal fiktif dalam gelembung keuangan pemasok manufaktur, pembiayaan persediaan, atau penilaian ekuitas yang berlebihan. Dengan demikian, rotasi kredit bukan

sekadar sektoral; ini adalah pergeseran strategi validasi, dari validasi harga aset menuju validasi yang terkait dengan produksi.

11.4 PENGGANDA SUPER SRAFFIAN SEV & KREDIT

1. Dasar: Pengganda Super Sraffian Dalam Ekonomi Moneter

Dalam kerangka pengganda super Sraffian, pertumbuhan output jangka panjang diatur oleh pertumbuhan permintaan otonom, sementara kapasitas produktif menyesuaikan diri secara endogen melalui investasi terinduksi. Misalkan:

- Y = output
- K = kapasitas produktif
- $u = Y / Y^* =$ utilisasi kapasitas
- gZ = tingkat pertumbuhan permintaan otonom
- gY = tingkat pertumbuhan output Dalam pertumbuhan stabil:

$$gY = gY^* = gZ$$

Tingkat keuntungan sesuai dengan jalur pertumbuhan ini asalkan investasi disesuaikan untuk mempertahankan utilisasi normal. Yang terpenting, *tidak ada dalam model inti yang menjamin validasi* output pada harga yang diharapkan; di sinilah dinamika moneter dan kredit berperan.

2. Validasi Sebagai Kendala Yang Hilang

Kerangka kerja SEV menyediakan kondisi yang hilang: output harus divalidasi sebagai nilai tukar, bukan hanya diproduksi. Biarkan kapasitas validasi V mewakili kemampuan sistem untuk mengubah output menjadi klaim uang tanpa gangguan. Kita dapat mendefinisikan rasio validasi sebagai:

$$\phi = \frac{V}{Y}$$

- $\phi \geq 1$: rezim yang kuat terhadap validasi
- $\phi < 1$: rezim yang kekurangan validasi

Ketika $\phi < 1$, surplus tidak dapat direalisasikan dengan lancar. Ini adalah kondisi struktural di mana VSVPM aktif.

3. Percepatan Kredit Sebagai Pengganti Validasi

Perkenalkan kredit C sebagai jembatan moneter untuk mengatasi kesenjangan validasi. Pertumbuhan kredit gC merespons secara endogen terhadap kekurangan validasi:

$$gC = \Pi(1 - \phi)$$

di mana $\Pi > 0$ mencerminkan kesiediaan institusional untuk melakukan validasi tanggal ke depan. Pada fase properti di Tiongkok:

- Permintaan otonom semakin didorong oleh harga aset;

- $gC \gg gY$; dan
- Kredit menggantikan validasi permintaan akhir yang lemah.

Hal ini menciptakan perbedaan:

$$gC > gZ = gY$$

Dari perspektif supermultiplier, kredit tidak meningkatkan pertumbuhan berkelanjutan; kredit hanya sementara mengangkat permintaan aktual di atas kapasitas validasi.

4. Laba Ditahan, Preferensi Kecepatan, Dan Alokasi Sektoral

Misalkan laba ditahan Π_r dialokasikan antara:

- Reinvestasi produktif I_p ; dan
- Sirkuit modal fiktif I_f .

Kita dapat mendefinisikan diferensial kecepatan sebagai:

$$v_f > v_p$$

Dalam kondisi ketidakpastian validasi, alokasinya adalah sebagai berikut:

$$\frac{I_f}{\Pi_r} = \beta(v_f - v_p)$$

Properti memaksimalkan v_f , menyerap surplus dan memperkuat percepatan kredit. Manufaktur, sebaliknya, memiliki kecepatan finansial yang lebih rendah tetapi penjangkaran nilai guna yang lebih tinggi.

5. Penurunan Nilai Sebagai Re-Validasi Endogen

Memperkenalkan stok klaim fiktif F , dengan kondisi keberlanjutan:

$$F \leq \Pi V$$

Kapan:

$$F > \Pi V$$

Terjadi suatu peristiwa gangguan:

$$\Pi F < 0$$

Ini bukan krisis eksogen tetapi validasi retrospektif; ini adalah penghancuran klaim yang tidak konsisten dengan surplus yang terealisasi. Koreksi properti Tiongkok sangat cocok di sini: stok perumahan produktif tetap ada, sementara klaim fiktif terganggu.

6. Rotasi Kredit: Manufaktur Sebagai Sirkuit Yang Kompatibel Dengan Supermultiplier

Strategi pasca-properti Tiongkok menggeser permintaan otonom ke arah:

- Ekspor;
- Investasi transisi hijau; dan
- Peningkatan industri.

Hal ini meningkatkan gZ tanpa bergantung pada inflasi harga aset, asalkan validasi membaik. Namun, manufaktur memiliki risikonya sendiri:

$$gK > gZ \Rightarrow \Phi \downarrow$$

Tanpa intervensi, percepatan kredit akan muncul kembali, kali ini melalui pembiayaan persediaan, kredit pemasok, atau penilaian ekuitas yang berlebihan.

7. SEV Sebagai Pergeseran Parameter Struktural

Data rantai pasokan yang didukung SEV secara langsung meningkatkan kapasitas validasi:

$$V = f(D)$$

di mana D = kepadatan, akurasi, dan ketepatan waktu data rantai pasokan. Oleh karena itu:

$$\frac{\partial \phi}{\partial D} > 0$$

Hal ini memiliki tiga dampak penting:

1. Pertumbuhan kredit selaras dengan pertumbuhan output

$$gC \rightarrow gY$$

2. Laba ditahan dialokasikan kembali untuk investasi produktif.

$$\frac{I_p}{\Pi_r} \uparrow$$

3. Ambang batas modal fiktif meningkat

$$\Pi \uparrow$$

Ini (secara teoritis) berarti siklus penurunan nilai yang lebih sedikit dan lebih dangkal.

8. Rezim Baru: Pertumbuhan Supermultiplier Yang Dipimpin Validasi

Dengan instrumentasi SEV, Tiongkok mendekati rezim akumulasi yang berbeda:

- Pertumbuhan tetap dipimpin supermultiplier ($gY = gZ$);
- Kredit mendukung sirkulasi daripada menggantikan validasi;
- Kecepatan keuangan melambat tanpa mengurangi akumulasi riil; dan

- Ekspansi kapasitas tetap kompatibel dengan permintaan yang terealisasi.

Secara formal, ini adalah pergeseran dari pertumbuhan supermultiplier yang dipercepat kredit ke pertumbuhan supermultiplier yang dipimpin oleh validasi. Pada intinya, proses ini mengurangi kesenjangan antara valorisasi dan produksi, membatasi perluasan modal fiktif. Surplus didistribusikan melalui pendapatan dan produksi daripada kerugian modal, dan disiplin keuangan menjadi karakteristik sistem tanpa menekan permintaan, memungkinkan konsolidasi tanpa krisis.

9. Sintesis

Ledakan properti di Tiongkok mewakili rezim supermultiplier yang didukung oleh percepatan kredit daripada validasi. Siklus penurunan nilai yang dihasilkan bersifat endogen dan korektif. Rotasi kredit manufaktur hanya layak jika kapasitas validasi berkembang seiring dengan kapasitas itu sendiri. Data rantai pasokan yang diaktifkan SEV berfungsi sebagai pergeseran parameter makro-struktural, meningkatkan kapasitas validasi, meredam percepatan kredit, dan menstabilkan jalur supermultiplier. Dalam pengertian ini, SEV bukan hanya infrastruktur efisiensi mikro, tetapi juga infrastruktur rezim pertumbuhan.

Pada dasarnya, sistem memiliki proporsi modal uang yang lebih kecil yang menganggur menunggu validasi karena ada lebih sedikit kebutuhan akan penyangga likuiditas untuk mengkompensasi data validasi yang buruk.

10. Modal Uang Menganggur Sebagai Fungsi Defisit Validasi

Misalkan:

- M_s = total modal uang dalam sistem
- M_i = modal uang "menganggur" atau disimpan sebagai penyangga likuiditas yang menunggu validasi
- $\phi = V/Y$ = rasio validasi (ukuran SEV tentang seberapa banyak output yang dapat dimonetisasi dengan yakin)

Maka:

$$M_i = f(1 - \phi) \cdot M_s$$

Ketika $\phi \rightarrow 1$ (kapasitas validasi tinggi melalui SEV), M_i menurun: lebih sedikit modal yang perlu ditahan menganggur. Ketika $\phi \rightarrow 0$ (validasi buruk), M_i meningkat: lebih banyak modal terkunci sebagai likuiditas atau klaim keuangan.

11. Implikasi Untuk Kredit Dan Modal Fiktif

Ada sejumlah implikasi sejauh menyangkut kredit dan modal fiktif. Implikasi tersebut adalah:

1. M_i yang lebih rendah mengurangi ketergantungan pada percepatan kredit: lebih sedikit klaim uang yang perlu dimajukan melalui pinjaman;
2. Modal menganggur yang lebih rendah mengurangi insentif bagi surplus laba untuk mengalir ke sirkuit modal fiktif berkecepatan tinggi: laba yang ditahan dapat diserap ke dalam investasi produktif aktual dengan lebih andal; dan
3. Kerapuhan sistemik menurun: siklus penurunan nilai lebih dangkal karena lebih sedikit klaim yang ada yang "tidak didukung" oleh surplus yang divalidasi.

Secara formal, dalam bahasa VSVPM kita:

$$\text{VSVPM intensity} \sim \frac{M_i}{\Pi_r}$$

Instrumen SEV mengurangi M_i , sehingga mekanisme VSVPM melemah, menstabilkan proses akumulasi.

12. SEV Sebagai Pengoptimal Likuiditas

Jadi SEV tidak hanya mempersingkat waktu validasi; tetapi juga mengoptimalkan alokasi modal uang:

- Uang mengalir ke saluran produktif daripada menganggur;
- Pertumbuhan kredit selaras dengan output aktual, bukan perputaran spekulatif; dan
- Sistem dapat memperluas kapasitas riil tanpa memicu gelembung modal fiktif berikutnya.

Singkatnya: lebih banyak modal uang "bergerak untuk penciptaan nilai riil" daripada menganggur sebagai tindakan pencegahan terhadap validasi yang buruk.

BAB 12

TEKA-TEKI TABUNGAN RUMAH TANGGA

12.1 PENDAHULUAN

Transformasi ekonomi China sejak tahun 1978 telah menghasilkan pertumbuhan pendapatan dan pengurangan kemiskinan yang belum pernah terjadi sebelumnya, didukung oleh investasi besar-besaran yang dipimpin negara dan lonjakan ekspor pada tahun 2000-an yang menghasilkan gelombang besar pendapatan rumah tangga - dan, sebagai akibatnya, tingkat tabungan yang diamati sangat tinggi. Namun, analisis arus utama, yang dicontohkan oleh Makalah Kerja Dana Moneter Internasional No. 2025/259 (“Reformasi untuk Mengurangi Tabungan Rumah Tangga China yang Tinggi,” diterbitkan Desember 2025), secara konsisten membalikkan kausalitas ini. IMF mengaitkan tingkat tabungan 30-35% dari pendapatan yang dapat dibelanjakan dengan motif kehati-hatian yang didorong oleh jaring pengaman sosial yang lemah dan pembatasan tempat tinggal Hukou, yang membingkai hal-hal ini sebagai distorsi struktural yang menekan konsumsi dan memaksa ketidakseimbangan seperti investasi berlebih dan surplus perdagangan. Oleh karena itu, kebijakan harus “mengurangi tabungan” melalui perluasan transfer dan liberalisasi Hukou untuk menyeimbangkan kembali menuju pertumbuhan yang dipimpin konsumsi.

Namun, narasi ini secara empiris ditantang oleh sebuah studi Tiongkok yang teliti yang diterbitkan di *China Economic Quarterly* oleh Zhang Jipeng dan Chen Zhu (November 2024). Dengan membangun kumpulan data panel baru untuk 332 kota dari tahun 1996 hingga 2024, para penulis mendokumentasikan penurunan drastis ambang batas pemukiman Hukou - dari rata-rata tertimbang 98,8% pengecualian pada tahun 1999 menjadi hanya 12,6% pada tahun 2024 - yang mengungkapkan liberalisasi sistematis yang telah meningkatkan akses migran ke layanan perkotaan jauh melampaui apa yang biasanya diakui oleh pengamat internasional. Gagasan ambang batas Hukou bertujuan untuk mengukur kemudahan relatif seorang migran untuk berhasil memperoleh status Hukou di dalam sebuah kota.

Berlawanan dengan makalah IMF, esai ini berpendapat bahwa tabungan rumah tangga yang tinggi di Tiongkok bukanlah preferensi perilaku eksogen yang mendistorsi perekonomian, tetapi merupakan sisa endogen dari strategi akumulasi yang dipimpin oleh permintaan yang sangat efektif. Pengeluaran otonom (investasi publik, ekspor, dan belanja modal swasta yang dibiayai kredit) menyuntikkan likuiditas, menghasilkan pendapatan terlebih dahulu, dan membiarkan tabungan menyesuaikan diri secara mekanis setelahnya. Tabungan adalah residu; bukan pilihan preferensial, apalagi kendala. Bukti studi Hukou tentang pengurangan hambatan yang cepat memperkuat pandangan ini. Reformasi memfasilitasi mobilitas tenaga kerja dan urbanisasi, memperkuat efek pengganda dari permintaan otonom daripada secara independen menekan konsumsi melalui ketidakpastian. Kerangka kerja intertemporal neoklasik IMF, sebaliknya, membalikkan kausalitas dan tetap terjebak dalam distorsi waktu, mendiagnosis gesekan yang sebagian besar telah dihilangkan. Analisis ini membedah kedua kontribusi tersebut dan menawarkan alternatif yang koheren.

12.2 DIAGNOSIS NEOKLASIK IMF

Definisi IMF menyatakan bahwa tabungan rumah tangga Tiongkok tetap "terlalu tinggi" dibandingkan dengan negara-negara sebanding, yang membiayai investasi yang tidak efisien dan ketidakseimbangan global. Dalam bab ini menguraikan pendorongnya menjadi komponen struktural (60-70% dari peningkatan) dan siklikal.

Secara struktural, pengeluaran sosial yang rendah (~9% dari PDB pada tahun 2023 dibandingkan dengan 12-14% di negara-negara berpenghasilan serupa) dan pembatasan Hukou merupakan hal utama. Pensiun pedesaan, perawatan kesehatan, dan tunjangan pengangguran yang tidak memadai memaksa tabungan pencegahan terhadap kemungkinan-kemungkinan yang tidak terduga, demikian argumennya. Hambatan Hukou menghalangi migran untuk mengakses layanan perkotaan sepenuhnya, memperluas ketidaksetaraan (Gini ~0,38-0,46) dan mendorong rumah tangga berpenghasilan tinggi untuk menabung lebih banyak. Faktor-faktor historis - reformasi BUMN tahun 1990-an, privatisasi perumahan, dan demografi kebijakan satu anak - dikutip sebagai penguat.

Secara siklus, dinamika pasar perumahan mendominasi: kenaikan harga menghasilkan efek kekayaan (pemilik rumah menabung lebih sedikit) dan efek uang muka (calon pembeli menabung secara agresif). Penurunan pasar properti pasca-2022 telah meredam efek yang terakhir, berpotensi mengurangi tabungan di tengah perlambatan yang lebih luas.

Secara empiris, analisis ini bergantung pada regresi yang menggunakan survei rumah tangga (misalnya, Survei Keuangan Rumah Tangga Tiongkok) dan data prefektur. Tingkat tabungan dimodelkan sebagai fungsi dari pengeluaran sosial, status Hukou, harga perumahan, dan ketidaksetaraan. Transfer yang lebih tinggi berkorelasi dengan tabungan yang lebih rendah, terutama pada kelompok rentan. Simulasi menunjukkan peningkatan pengeluaran sosial sebesar 1% dari PDB dapat mengurangi tingkat tabungan sebesar 1-2 poin persentase selama lima tahun. Resep kebijakan berikut: tingkatkan pengeluaran menjadi 10-12% dari PDB yang menargetkan migran/daerah pedesaan; percepat reformasi Hukou; stabilkan perumahan melalui sewa; dan lengkapi inisiatif ini dengan stimulus fiskal dan pajak progresif untuk meningkatkan konsumsi sebesar 2-3% dari PDB. Tujuan utamanya adalah memberikan rumah tangga "kepercayaan dan keamanan untuk membelanjakan lebih banyak dan menabung lebih sedikit."

12.3 STUDI LIBERALISASI CEPAT

Zhang dan Chen memberikan bantahan empiris langsung dengan mengukur hambatan pemukiman aktual daripada mengandalkan proksi. Metrik ambang batas mereka adalah bagian dari migran stok periode dasar (berusia 15-64 tahun, bukan mahasiswa) yang tidak memenuhi syarat untuk Hukou perkotaan berdasarkan kebijakan yang berlaku, yang diperoleh dari data mikro sensus dan teks kebijakan yang komprehensif.

Dataset ini mencakup 332 kota di seluruh periode 1996-2024, menangkap nuansa seperti batasan usia/pendidikan, bukti pekerjaan/perumahan, sistem poin, dan variasi distrik. Hal ini mengatasi keterbatasan studi sebelumnya, yaitu penilaian yang sewenang-wenang,

kurangnya reformasi pasca-2016, dan panel yang pendek. Temuan menunjukkan kemajuan transformatif:

- Penurunan Keseluruhan: Ambang batas rata-rata tertimbang (berdasarkan populasi perkotaan) turun dari 98,8% pada tahun 1999 menjadi 69,0% pada tahun 2003 (setelah reformasi kota kecil tahun 2001), 30,5% pada tahun 2016 (setelah dorongan nasional tahun 2014), dan 12,6% pada tahun 2024. Itu adalah penurunan sekitar 86 poin persentase selama 25 tahun, dengan percepatan setelah tahun 2016 - tepatnya periode yang menurut IMF membutuhkan reformasi mendesak tetapi yang diabaikan oleh studi sebelumnya;
- Berdasarkan Tingkat Kota: Ambang batas lebih tinggi di tingkat teratas tetapi masih menurun. Kota-kota tingkat pertama (Beijing, Shanghai, dan lain-lain.) rata-rata mencapai ~54% pada tahun 2024 (keterbukaan 45,84%), kota tingkat pertama baru ~30% (keterbukaan 69,86%), hingga kota tingkat kelima di ~1% (keterbukaan 98,73%). Kota-kota tingkat bawah mengalami penurunan lebih cepat, sejalan dengan kebijakan yang menargetkan kota-kota kecil terlebih dahulu;
- Cakupan Spasial pada tahun 2024: Lebih dari 92% kota memiliki ambang batas di bawah 20% (batas rendah), 83% di bawah 5%, dan 48% di 0%. Hanya 9 kota besar yang melebihi 50% (sebagian besar kota besar seperti Beijing/Shanghai yang menghadapi kendala kapasitas). 17 provinsi (misalnya, Shandong, Chongqing) telah mencapai status ambang batas rendah penuh di seluruh wilayah yurisdiksinya; dan
- Faktor-faktor yang Mempengaruhi: Ambang batas berkorelasi negatif dengan penuaan (-0,608), keterbukaan ekonomi (FDI/PDB, -0,638), pangsa industri sekunder (-0,313), dan rasio guru-murid (-1,850); berkorelasi positif dengan populasi perkotaan (4,778), pangsa sektor tersier (0,469), dan angka kelahiran. Hal ini menunjukkan bahwa ambang batas bersifat endogen terhadap tekanan ekonomi/demografis, misalnya, kota-kota yang terbuka dan menua menurunkan hambatan untuk menarik tenaga kerja, sementara kota-kota padat penduduk memperketat pembatasan untuk mengelola pembangunan infrastruktur dan dampak permintaan.

Regresi menunjukkan ambang batas berkorelasi negatif dengan penuaan, keterbukaan FDI, pangsa industri sekunder, dan penyediaan pendidikan, menunjukkan respons endogen terhadap permintaan tenaga kerja. Para penulis mengantisipasi penurunan yang berkelanjutan, meskipun lebih lambat di kota-kota besar karena kendala kapasitas. Liberalisasi ini memiliki implikasi nyata. Sebagian besar migran kini dapat memperoleh izin tinggal di perkotaan, mengakses pensiun (>90% cakupan), asuransi kesehatan (biaya sendiri sekitar 27%), dan pendidikan, yang secara langsung melemahkan klaim tentang faktor-faktor pencegahan yang terus-menerus terkait dengan pengecualian Hukou.

12.4 KRITIK IMF PEMBALIKAN KAUSALITAS DAN KEUSANGAN EMPIRIS

Kerangka kerja IMF berakar pada hipotesis siklus hidup/pendapatan permanen neoklasik: rumah tangga yang berwawasan ke depan mengoptimalkan secara antar waktu, menabung terlebih dahulu untuk melawan risiko yang diperkuat oleh "pasar yang tidak

sempurna" (jaring pengaman yang lemah dan gesekan Hukou). Distorsi meningkatkan rasio kekayaan target, menekan konsumsi dan mengarahkan sumber daya ke investasi. Tetapi rantai kausalitas IMF salah arah. Rumah tangga tidak dapat menabung apa yang tidak mereka peroleh terlebih dahulu, dan pendapatan muncul dari pengeluaran otonom sebelumnya yang menyuntikkan likuiditas bersih (defisit publik, surplus ekspor, dan penciptaan kredit bank). Ledakan ekonomi Tiongkok didorong oleh suntikan semacam itu: infrastruktur sebesar 8-10% PDB per tahun, puncak ekspor sebesar 10% PDB (2007), pertumbuhan M2 15-20%+ selama beberapa dekade. Ini menghasilkan pendapatan; tabungan disesuaikan secara residual per $S \equiv I + (G - T) + (X - M)$.

Motif kehati-hatian mungkin ada di tingkat mikro tetapi merupakan efek endogen, bukan penggerak utama. Jaring pengaman yang lemah di awal-awal masa itu disengaja, memprioritaskan belanja modal produktif daripada transfer untuk mempertahankan pengganda. Hukou awalnya memungkinkan tenaga kerja migran murah untuk daya saing manufaktur/ekspor. Seperti yang ditunjukkan Zhang dan Chen, hambatan tersebut telah runtuh, memfasilitasi urbanisasi (pangsa perkotaan meningkat dari 36% menjadi 65%) dan produktivitas sehingga memperkuat, bukan menekan, pertumbuhan yang didorong oleh permintaan.

IMF melebih-lebihkan peran Hukou dengan mengabaikan data pasca-2016. Gambaran tentang pengecualian yang kaku bertentangan dengan ambang batas yang sekarang berada di 12,6% secara keseluruhan, rendah di 92% kota. Regresi mengalami endogenitas: pengeluaran yang lebih tinggi berkorelasi dengan tabungan yang lebih rendah sebagian karena transfer menyuntikkan permintaan. Simulasi mengasumsikan respons mikro keseimbangan parsial mendorong hasil makro, mengabaikan lingkaran umpan balik. Tren terkini semakin memperlihatkan distorsi waktu: pendapatan riil yang dapat dibelanjakan tumbuh lebih dari 5% per tahun dari 2020-2024; pangsa konsumsi meningkat menjadi sekitar 40% dari PDB; pemulihan yang didorong stimulus terjadi tanpa perombakan jaring pengaman sosial yang radikal.

Label "kelebihan tabungan" mengandung nuansa ideologis, menggemakan kritik terhadap kapitalisme negara yang "terdistorsi" sambil meremehkan keberhasilan model tersebut dalam penyampaian pendapatan absolut. Artikel IMF tersebut murni optimasi intertemporal neoklasik. Rumah tangga menabung "terlalu banyak" karena harga relatif (suku bunga rendah, asuransi sosial yang lemah) dan risiko (hambatan Hukou, penuaan) mendistorsi pilihan konsumsi-tabungan mereka. Perbaiki distorsi tersebut (naikkan suku bunga, tingkatkan pengeluaran sosial, dan liberalisasi Hukou) dan para pelaku ekonomi akan dengan lancar mengoptimalkan kembali pilihan mereka menuju konsumsi yang lebih tinggi dan tabungan yang lebih rendah. Fakta bahwa ambang batas Hukou telah runtuh dari sekitar 99% pengucilan pada tahun 1999 menjadi sekitar 13% pada tahun 2024 - dengan sebagian besar migran sekarang dapat mengakses layanan perkotaan di sebagian besar kota - sama sekali tidak tercatat dalam analisis mereka tahun 2025, karena model mereka dikalibrasi berdasarkan data yang lebih lama dan mengasumsikan hambatan bersifat permanen.

12.5 SUPERMULTIPLIER SRAFFA ALTERNATIF YANG KOHEREN

Robinson dan Kalecki sama-sama menekankan bahwa investasi menciptakan keuntungan/tabungan; supermultiplier memformalkan hal ini. Dalam model supermultiplier, permintaan otonom (pengeluaran yang tidak menciptakan kapasitas seperti ekspor dan investasi publik) tumbuh secara eksogen, menarik investasi terinduksi melalui akselerator hingga utilisasi kembali normal. Distribusi memengaruhi ukuran multiplier tetapi tidak memengaruhi pertumbuhan tren, yang ditentukan oleh komponen otonom. China menjalankan strategi ini dengan sangat baik:

- Penggerak otonom (pengeluaran modal negara dan ekspor) menyuntikkan likuiditas yang mengakibatkan lonjakan pendapatan rumah tangga (8-10% riil tahunan);
- Investasi swasta terinduksi (manufaktur, properti) menyusul;
- Tabungan nasional meningkat untuk menyamai I yang tinggi; dan
- Tingkat tabungan rumah tangga meningkat karena pendapatan absolut meledak lebih cepat daripada kebiasaan yang menyesuaikan; ini bukan fungsi dari kehati-hatian eksogen.

Pandangan pasca-Keynesian (dan sirkuit moneter) menolak kerangka neoklasik sepenuhnya. Sebaliknya, urutan perkembangannya adalah:

- Kredit bank komersial diciptakan secara endogen ketika bank memberikan pinjaman kepada peminjam yang layak kredit. Keputusan untuk memberi pinjaman datang terlebih dahulu, dan cadangan/deposito menyesuaikan setelahnya (melalui akomodasi bank sentral atau pasar antar bank);
- Investasi (pengeluaran otonom) dibiayai oleh penciptaan kredit baru, bukan oleh tabungan rumah tangga sebelumnya. Perusahaan meminjam karena mereka mengharapkan peluang yang menguntungkan (seringkali diarahkan oleh negara atau didorong oleh ekspor dalam kasus Tiongkok), bukan karena rumah tangga telah dipaksa untuk menyediakan dana yang lebih besar;
- Suku bunga adalah variabel kebijakan yang ditetapkan oleh bank sentral (PBoC di Tiongkok), terutama untuk mengelola permintaan, inflasi, dan nilai tukar - bukan untuk menyeimbangkan pasokan tabungan yang sudah ada dengan permintaan investasi; dan
- Suku bunga kebijakan yang rendah di Tiongkok merupakan bagian dari strategi yang disengaja untuk mempertahankan permintaan otonom yang tinggi: kredit murah mendorong infrastruktur, kapasitas manufaktur, dan real estat, yang merupakan mesin dari booming yang dipimpin oleh investasi dan ekspor. Ini menghasilkan keuntungan dan upah yang kemudian menghasilkan tabungan rumah tangga.

Transfer yang diamati dari rumah tangga ke perusahaan adalah nyata (pendapatan bunga rumah tangga memang lebih rendah daripada jika suku bunga lebih tinggi), tetapi itu adalah konsekuensi distribusi dari model pertumbuhan, bukan mekanisme asalnya. Rumah tangga tidak "mendana" ledakan investasi dengan ditekan untuk menabung lebih banyak; ledakan investasi dibiayai kredit *dari ketiadaan*, menciptakan lonjakan pendapatan, dan kebijakan suku bunga rendah membantu mengarahkan kredit tersebut ke penggunaan

produktif/pengembangan kapasitas daripada konsumsi murni atau gelembung aset (setidaknya pada awalnya).

Dalam istilah Robinson (misalnya, *The Accumulation of Capital*, atau esainya tentang bunga dan keuntungan), suku bunga ditentukan secara konvensional dan tidak menyamakan tabungan dan investasi - investasi menentukan keuntungan, dan keuntungan menentukan tabungan. Pengalaman Tiongkok, yang telah kita bahas lebih detail sebelumnya, menggambarkan urutan pasca-Keynesian dengan sempurna:

1. PBoC menetapkan suku bunga kebijakan rendah dan bank-bank negara diarahkan untuk memberikan pinjaman besar-besaran kepada BUMN, LGFV, eksportir, pengembang properti;
2. Kredit meledak mendorong lonjakan investasi yang menghasilkan peningkatan pendapatan dan keuntungan;
3. Tabungan rumah tangga meningkat secara endogen (pertumbuhan pendapatan absolut yang cepat + persistensi kebiasaan konsumsi);
4. Suku bunga deposito yang rendah mengurangi pendapatan bunga rumah tangga relatif terhadap apa yang seharusnya terjadi dengan sedikit penurunan pangsa konsumsi; tetapi
5. Pendorong utama tingkat tabungan nasional yang tinggi adalah tingkat investasi yang tinggi itu sendiri, bukan "subsidi" suku bunga.

Jika suku bunga lebih tinggi, pertumbuhan kredit akan dibatasi lebih awal, investasi lebih lambat, dan pertumbuhan pendapatan lebih lemah - dan total tabungan rumah tangga (dalam istilah absolut) kemungkinan lebih rendah, bahkan jika tingkat tabungan dari pendapatan yang dapat dibelanjakan sedikit lebih tinggi. Suku bunga rendah tidak "menekan" rumah tangga untuk mensubsidi perusahaan dalam permainan dana pinjaman zero-sum; suku bunga rendah adalah pengungkit kebijakan moneter yang memungkinkan strategi akumulasi otonom yang dipimpin oleh permintaan yang mengangkat ratusan juta orang keluar dari kemiskinan. Biaya distribusi itu nyata tetapi sekunder dan marginal; dan, seperti yang telah kita lihat dengan upaya liberalisasi suku bunga baru-baru ini dan kenaikan upah riil, dapat dibalik tanpa meruntuhkan model pertumbuhan. Liberalisasi Hukou sangat sesuai dengan model penjelasan makro ini. Penurunan ambang batas memobilisasi tenaga kerja pedesaan ke pusat produktivitas perkotaan, meningkatkan potensi output dan mempertahankan akselerator. Korelasi negatif dengan keterbukaan ekspor/industri sekunder menegaskan bahwa kebijakan tersebut menanggapi kebutuhan akumulasi. Tantangan saat ini - kehancuran pasar properti, hambatan ekspor dari pasar tradisional negara-negara maju - mencerminkan kematangan pendorong otonom, bukan ledakan penghematan. Solusinya terletak pada suntikan dana baru, bukan meyakinkan rumah tangga untuk mengurangi tabungan dari pendapatan yang dihasilkan oleh model tersebut.

12.6 IMPLIKASI NEOKLASIK IMF

Pembalikan neoklasik IMF - tabungan tinggi sebagai preferensi independen yang memicu ketidakseimbangan - mengabaikan fakta bahwa tabungan merupakan sisa dari

pendapatan yang dihasilkan melalui permintaan otonom (investasi negara, ekspor, dan suntikan kredit). Reformasi Hukou cocok sebagai pendorong proses tersebut: menurunkan ambang batas meningkatkan arus tenaga kerja ke daerah perkotaan berproduktivitas tinggi, memperkuat efek supermultiplier melalui urbanisasi. Motif "pencegahan"? Itu bukan eksogen; jika ada, itu adalah efek dari model pertumbuhan. Implikasi studi Hukou memperkuat hal ini: reformasi mendorong pasar tenaga kerja yang terpadu, mengurangi "semi-urbanisasi" (migran tanpa hak penuh) dan mendorong integrasi perkotaan-pedesaan. Namun, ambang batas tinggi yang terus-menerus di 9 kota besar (yang menampung ~37% migran antarprovinsi) menyoroti gesekan yang ditargetkan - bukan pendorong tabungan sistemik, tetapi masalah kapasitas (infrastruktur dan keberlanjutan gaya hidup) yang dapat diatasi oleh kebijakan melalui suntikan yang lebih otonom (misalnya, belanja modal perkotaan hijau).

Pada intinya, IMF melebih-lebihkan peran Hukou dengan mengabaikan data ini, berpegang teguh pada pandangan usang tentang hambatan yang kaku. Realitas menunjukkan kemajuan yang signifikan selama lebih dari satu dekade, menjadikan resep "mengurangi tabungan melalui reformasi" mereka sebagai hal yang tidak logis - mobilitas dan hak layanan telah meningkat, dan tabungan tinggi yang tersisa berasal dari dinamika makro (lonjakan pendapatan yang dipimpin investasi), bukan kehati-hatian mikro. Kemajuan Hukou menyiratkan penyeimbangan kembali sudah berlangsung secara organik. Dengan sebagian besar migran mengakses jaring pengaman perkotaan, penyangga pencegahan apa pun yang ada akan berkurang tanpa peningkatan pengeluaran skala IMF. Menargetkan hambatan megakota melalui belanja modal pembangunan kapasitas, mempertahankan daya tarik permintaan, lebih masuk akal. Penelitian di masa mendatang harus mengintegrasikan simulasi supermultiplier dengan panel mikro seperti milik Zhang-Chen, menelusuri bagaimana mobilitas meningkatkan multiplier. Dalam jalur penelitian ini, hindari bias neoklasik yang mengasumsikan bahwa preferensi mikro menentukan jalur makro.

Permintaan otonom yang dipimpin investasi dan ekspor menghasilkan pendapatan China terlebih dahulu; tabungan tinggi yang diamati mengikuti sebagai residu, bukan sebaliknya. Pembalikan neoklasik IMF, yang diperkuat oleh asumsi Hukou yang sudah usang, salah mendiagnosis gejala sebagai penyebab. Bukti Zhang dan Chen tentang runtuhnya ambang batas Hukou menjadi 12,6% mengungkap keusangan ini, menegaskan logika pasca-Keynesian: tabungan rumah tangga yang tinggi adalah efek endogen dari rezim akumulasi yang secara historis efektif yang kini sedang berevolusi. Mempertahankan pertumbuhan membutuhkan penguatan permintaan otonom, bukan moralisasi tentang penghematan yang "berlebihan".

BAB 13

KEUNTUNGAN, PRODUKSI, DAN EFISIENSI ENERGI SISTEMIK

13.1 PENDAHULUAN

Bab ini mengembangkan kerangka kerja terintegrasi untuk menafsirkan data keuntungan industri Tiongkok tahun 2025 dengan menggabungkan analisis struktural Sraffian tentang produksi dengan pemahaman termoekonomi (SEV) tentang surplus energi dan pengembalian energi sistemik atas energi yang diinvestasikan (EROEI). Dengan menggunakan data perusahaan industri yang dipublikasikan dari Biro Statistik Nasional Tiongkok, saya membandingkan distribusi keuntungan sektoral tahun 2025 dengan struktur pra-deleveraging real estat tahun 2019. Saya menunjukkan bahwa (i) keuntungan agregat sedikit meningkat dalam kondisi rotasi likuiditas selektif daripada pertumbuhan kredit spekulatif yang luas; (ii) pertumbuhan keuntungan sektoral terkonsentrasi pada manufaktur teknologi tinggi, logam non-ferrous, dan utilitas, sementara sektor ekstraktif mengalami kontraksi; dan (iii) pertumbuhan keuntungan berd coexistence dengan kenaikan upah riil, yang menyiratkan perluasan surplus sistemik daripada kompresi redistribusi.

Saya berpendapat bahwa pertumbuhan laba sektoral di atas rata-rata berkorelasi dengan peningkatan koefisien produksi sektoral dan peningkatan $EROEI_p$, khususnya dalam rantai pasokan yang terhubung dengan energi listrik dan terbarukan. Ketika tertanam dalam struktur input-output Sraffa, peningkatan ini menyebar melalui jaringan produksi yang saling terkait, meningkatkan output sistem secara keseluruhan relatif terhadap input energi. Koeksistensi kenaikan upah dan massa laba yang stabil menunjukkan peningkatan kesehatan sistemik yang didefinisikan sebagai pertumbuhan output yang melebihi pertumbuhan energi sistemik. Dengan demikian, kerangka kerja SEV-Sraffa yang terintegrasi memberikan diagnostik yang lebih unggul terhadap transformasi struktural dan ketahanan makroekonomi dibandingkan dengan metrik keuangan konvensional saja.

13.2 DARI STATISTIK KEUNTUNGAN HINGGA KESEHATAN SISTEMIK

Statistik keuntungan industri biasanya diinterpretasikan sebagai indikator siklus kinerja bisnis. Namun, keuntungan lebih dari sekadar aliran pendapatan residual; keuntungan mewakili ekspresi moneter dari surplus sistemik. Ketika diamati secara longitudinal dan struktural, distribusi keuntungan mengungkapkan transformasi mendalam dalam struktur produksi, efisiensi energi, dan dinamika akumulasi modal yang mendasarinya. Pada awal tahun 2026, Biro Statistik Nasional Tiongkok merilis data untuk perusahaan industri di atas ukuran yang ditentukan untuk tahun 2025. Data ini berisi "harta karun" informasi struktural.

1. Sektor dengan Pertumbuhan Keuntungan di Atas Rata-Rata

Pertumbuhan keuntungan rata-rata tahun 2025 sebesar 0,6% menyembunyikan dispersi yang signifikan, dengan beberapa sektor - banyak yang berada di hulu atau

fundamental untuk peningkatan industri - berkinerja lebih baik karena dukungan kebijakan, keuntungan teknologi, dan permintaan yang pulih. Keuntungan ini sering kali berasal dari peningkatan hubungan input-output, seperti otomatisasi yang mengurangi koefisien tenaga kerja atau skala ekonomi di sektor-sektor bermodal tinggi yang meningkatkan pengembalian tanpa peningkatan input yang proporsional.

- Manufaktur Teknologi Tinggi (+13,3%): Sektor ini, yang mencakup semikonduktor, peralatan yang didukung AI, dan sistem cerdas, jauh melampaui rata-rata, memberikan kontribusi yang tidak proporsional terhadap ekspansi laba secara keseluruhan. Subsektor seperti manufaktur sirkuit terpadu melonjak +170%, peralatan semikonduktor +128%, peralatan cerdas hampir +50%, kendaraan udara tak berawak (UAV) +102%, dan peralatan cerdas dalam kendaraan +88,8%. Hal ini mencerminkan pergeseran Sraffian dalam teknik produksi, di mana modal tetap (misalnya, robotika dan AI) menggantikan tenaga kerja, meningkatkan tingkat keuntungan maksimum dan memungkinkan kompatibilitas dengan kenaikan upah. Bersifat hulu, komponen teknologi tinggi berkontribusi pada manufaktur yang lebih luas, berpotensi menyebabkan pengurangan biaya dan peningkatan produktivitas dalam perakitan hilir dan barang konsumsi selama beberapa tahun ke depan;
- Manufaktur Peralatan (+7,7%): Sektor menengah ini menyumbang hampir 40% dari total keuntungan industri (naik dari 37,2%), dan mendorong pertumbuhan agregat sebesar 2,8 poin persentase. Subsektor seperti kereta api, pembuatan kapal, kedirgantaraan, dan peralatan transportasi mencatatkan kenaikan dua digit (misalnya, +9,2% secara keseluruhan), sementara mesin listrik +4,9%, peralatan khusus +5,7%, dan peralatan umum +4,2%. Sebagai titik penting dalam matriks produksi, profitabilitas manufaktur peralatan berasal dari efek pembelajaran melalui praktik dan alokasi kredit kebijakan, yang mengoptimalkan koefisien untuk proses yang intensif energi. Perannya di hulu dalam memasok barang modal (misalnya, mesin untuk otomatisasi) kemungkinan akan memperkuat kaskade produktivitas, memungkinkan sektor hilir untuk mencapai output yang lebih tinggi per unit energi yang diinvestasikan;
- Peleburan dan Penggulungan Logam Besi (+22,6%, atau tiga kali lipat dalam beberapa metrik): Industri berat hulu ini pulih tajam dari kerugian sebelumnya, dibantu oleh basis yang rendah, konsolidasi kapasitas pasca-deleveraging real estat, dan harga input yang stabil (misalnya, energi yang lebih murah). Keuntungan dalam peleburan logam non-besi juga naik +22,6%. Keuntungan sektor-sektor ini menggambarkan disiplin harga Sraffian: pengurangan kelebihan kapasitas meningkatkan kelangkaan relatif, memungkinkan alokasi ulang surplus tanpa tekanan inflasi. Sebagai input dasar untuk konstruksi, otomotif, dan infrastruktur, peningkatan efisiensi mereka dapat berdampak pada biaya material yang lebih rendah di seluruh sistem, meningkatkan EROEI dalam aktivitas hilir yang intensif energi seperti manufaktur dan utilitas;
- Manufaktur Elektronik dan Komunikasi (+19,5%): Terkait dengan teknologi tinggi, sektor ini mendapat manfaat dari permintaan ekspor dan peningkatan domestik dalam elektronik konsumen. Keterkaitan semikonduktor hulu memperkuat keuntungan,

dengan potensi berjenjang untuk produktivitas di sektor AI dan infrastruktur digital; dan

- Utilitas (Listrik, Panas, Gas, Air) (+9,4%): Keuntungan sektor fundamental ini meningkat di tengah peningkatan energi terbarukan dan investasi jaringan, yang mencerminkan peningkatan energi. Sebagai pendorong hulu, listrik yang lebih murah mengurangi koefisien input di seluruh matriks, sehingga mendorong limpahan produktivitas yang luas.

2. Sektor-Sektor Dengan Pertumbuhan Output Di Atas Rata-Rata

Output industri tumbuh 5,9% secara keseluruhan, dengan variasi yang mencerminkan pola keuntungan dan menekankan reorientasi hulu. Investasi yang didorong kebijakan dalam “kekuatan produktif baru” (misalnya, teknologi tinggi dan peralatan) mempercepat pertumbuhan, sementara penyesuaian real estat meredam sektor-sektor terkait konstruksi. Singkatnya:

- Manufaktur Teknologi Tinggi (+9,4%): Output melonjak, dipimpin oleh peralatan pencetakan 3D, robotika industri, dan kendaraan energi baru (NEV). Subsektor seperti komputer dan komunikasi +11,8%, mencerminkan peningkatan koefisien melalui otomatisasi. Masukan teknologi hulu akan mengalir ke peningkatan produktivitas untuk ekosistem manufaktur;
- Manufaktur Peralatan (+9,2%): Pertumbuhan output sektor ini melampaui rata-rata, dengan kereta api/kapal/dirgantara +9,2%, otomotif +8,3%, mesin khusus +8,2%, dan mesin umum +7,5%. Sebagai penyedia barang modal hulu, peningkatan ini menurunkan biaya hilir, memperkuat SEV melalui efisiensi energi dan tenaga kerja yang lebih baik;
- Manufaktur Kimia (+8,0%): Bahan baku dan produk hulu tumbuh dengan kuat, didukung oleh harga energi yang stabil dan permintaan dari sektor teknologi tinggi. Hal ini dapat berdampak pada bahan baku perantara yang lebih murah untuk farmasi, elektronik, dan otomotif; dan
- Peleburan Logam Non-Ferrous (+4,8%): Moderat tetapi di atas rata-rata dalam konteksnya, terkait dengan pasokan hulu untuk kendaraan listrik dan energi terbarukan, dengan potensi dampak produktivitas di sektor transisi energi.

Secara umum, data tahun 2025 menggambarkan pergeseran struktural menuju aktivitas EROEI yang lebih tinggi, di mana varians laba dan output menandakan penghentian koefisien usang demi konfigurasi yang efisien dan dominan di hulu. Pergeseran ini - yang tertanam dalam saling ketergantungan rantai pasokan - menjanjikan dampak produktivitas yang berjenjang selama beberapa tahun ke depan, karena input hulu yang dioptimalkan (misalnya, mesin canggih, logam yang lebih murah, dan komponen teknologi) mengurangi intensitas energi di seluruh sistem, menstabilkan harga, dan memperbesar surplus untuk distribusi, mempertahankan kausalitas kumulatif dalam model pembangunan Tiongkok.

Jika dibandingkan dengan tahun 2019 - tahun terakhir sebelum pandemi dan sebelum pengurangan utang sektor properti - perubahan distribusi sangat mencolok. Antara tahun 2019 dan 2025:

- Laba industri agregat meningkat dari Rp.61,99 kuadriliun menjadi Rp.73,98 kuadriliun (peningkatan 19,3%);
- Margin laba sedikit menurun dari 5,86% menjadi 5,31%;
- Sektor pertambangan dan ekstraksi mengalami kontraksi tajam dalam jangka waktu sementara (misalnya, -31,5% pada tahun 2020) tetapi pulih secara tidak merata;
- Manufaktur teknologi tinggi dan logam non-ferrous mencatatkan pertumbuhan yang kuat;
- Sektor utilitas mencatatkan ekspansi di atas rata-rata; dan
- Upah riil meningkat bersamaan dengan pertumbuhan laba (upah rata-rata nominal meningkat sekitar 52% dari sekitar Rp.823.100.000 pada tahun 2019 menjadi sekitar Rp.1,25 miliar pada tahun 2025, dengan pertumbuhan riil rata-rata sekitar 4-6% per tahun setelah disesuaikan dengan inflasi).

Pola ini membutuhkan pemeriksaan dan interpretasi lebih lanjut. Analisis makro konvensional akan menginterpretasikan pertumbuhan laba agregat yang moderat bersamaan dengan kompresi margin sebagai indikasi tekanan biaya dan pemulihan permintaan yang lambat. Namun, interpretasi tersebut mengabaikan realokasi struktural surplus di berbagai sektor dan transformasi energi yang mendasari realokasi tersebut. Bagian selanjutnya dari bab ini mengusulkan bahwa:

1. Tingkat laba mencerminkan ekspansi likuiditas bersih, tetapi likuiditas telah berputar ke arah sirkuit produksi yang ditargetkan;
2. Pergeseran laba sektoral menandakan redefinisi struktural "barang pokok" dalam matriks produksi Sraffian;
3. Pertumbuhan laba yang terkonsentrasi di sektor manufaktur yang terlistrikan berkorelasi dengan peningkatan produktivitas energi ($\Delta EROEI_p > 0$); dan
4. Koeksistensi kenaikan upah dan massa laba yang stabil menyiratkan perluasan surplus sistemik - peningkatan termodinamik daripada redistribusi zero-sum.

Untuk mendemonstrasikan hal ini, kami mengintegrasikan lensa struktural Sraffian klasik dengan kerangka kerja SEV termoekonomi yang berfokus pada propagasi EROEI di seluruh rantai pasokan yang saling terkait.

13.3 LABA AGREGAT DAN EKSPANSI LIKUIDITAS

Pada tingkat makro, laba agregat (Π) dapat dinyatakan dalam bentuk akuntansi sebagai fungsi dari investasi (I), kebijakan fiskal ($G - T$), ekspor neto (NX), dan tabungan rumah tangga (S_h):

$$\Pi = I + (G - T) + NX - S_h$$

Dari perspektif ini, keuntungan tidak dapat dipisahkan dari ekspansi likuiditas bersih. Kita dapat mengingat bahwa antara tahun 2019 dan 2025, Tiongkok mengalami deleveraging sektor properti, kendala pada instrumen pembiayaan pemerintah daerah, dan, terkait dengan itu, moderasi pertumbuhan kredit spekulatif. Namun, keuntungan industri secara agregat

meningkat sebesar 19,3% selama periode enam tahun tersebut. Ini menyiratkan bahwa likuiditas tidak menyusut secara agregat; melainkan dialokasikan kembali. Komposisi investasi berubah. Alih-alih ekspansi properti yang didorong oleh kredit, pembentukan modal semakin mengalir ke arah:

- Elektrifikasi;
- Pembangkit energi terbarukan;
- Manufaktur semikonduktor dan elektronik;
- Material canggih (termasuk logam non-ferrous); dan
- Modernisasi jaringan dan utilitas.

Oleh karena itu, massa keuntungan mencerminkan ekspansi likuiditas selektif di sektor-sektor yang ditargetkan. Perlu dicatat, margin laba agregat menurun dari 5,86% pada tahun 2019 menjadi 5,31% pada tahun 2025. Kompresi margin bersamaan dengan ekspansi massa laba menunjukkan pertumbuhan output dan difusi kompetitif dari peningkatan produktivitas. Hal ini tidak konsisten dengan dinamika gelembung aset dan lebih konsisten dengan pertumbuhan struktural yang didorong oleh volume. Dengan demikian, kesimpulan pertama adalah bahwa laba agregat pada tahun 2025 mencerminkan rotasi likuiditas daripada inflasi likuiditas.

13.4 DISTRIBUSI SEKTORAL DAN TRANSFORMASI STRUKTURAL

Dimensi struktural menjadi lebih jelas ketika meneliti distribusi sektoral. Tabel 13.1 membandingkan laba dan tingkat pertumbuhan di berbagai sektor utama dari tahun 2019 hingga 2025.

Tabel 13.1 Perbandingan Laba Sektoral (Miliar Yuan)

Sektor	2019	2020	2025	Pertumbuhan 2019-2025 (%)
Pertambangan	527.53	355.32	834.51	58,19
Manufaktur	5190.39	5579.51	5691.57	9,66
Utilitas	481.63	516.78	872.12	81,08
Total	6199.55	6451.61	7398.20	19,33

Keuntungan pertambangan turun tajam pada tahun 2020 (-31,5%) tetapi pulih hingga melampaui level tahun 2019 pada tahun 2025 (+58,2% secara keseluruhan). Namun, data subsektor menunjukkan kontraksi dalam pertambangan batubara (-41,8% pada tahun 2025 dibandingkan tahun 2024) dan ekstraksi minyak bumi (-18,7%). Ini menandai penyimpangan dari fase sebelumnya ketika pembangunan real estat dan pembangunan infrastruktur menghasilkan permintaan turunan yang kuat untuk input ekstraktif. Penurunan ini mencerminkan berkurangnya intensitas aset tetap yang didorong oleh properti, transisi energi dari bahan bakar fosil, dan kemungkinan meningkatnya biaya ekstraksi marjinal. Dari sudut pandang struktural, sektor ekstraktif kehilangan sentralitas relatif dalam sistem. Pada saat

yang sama, laba sektor manufaktur tumbuh 9,7% dari tahun 2019 hingga 2025, dengan kinerja yang sangat kuat terutama di bidang-bidang berikut:

- Peralatan komputer dan komunikasi (+19,5% pada tahun 2025);
- Logam non-ferrous (+22,6%); dan
- Rantai pasokan elektronik bernilai tambah tinggi.

Sektor-sektor ini berada di hulu atau tertanam dalam jaringan elektrifikasi dan digitalisasi. Sektor-sektor ini bukan industri konsumsi perifer; sektor-sektor ini semakin menjadi masukan mendasar dalam produksi modern. Laba sektor utilitas tumbuh 81,1% dari tahun 2019 hingga 2025, mencerminkan investasi berkelanjutan dalam infrastruktur jaringan, integrasi energi terbarukan, dan elektrifikasi. Sektor utilitas bukan lagi perantara pasif tetapi penggerak aktif transformasi sistemik.

13.5 INTERPRETASI SEV-SRAFFA DAN PERUBAHAN BARANG-BARANG POKOK

Dalam kerangka SEV-Sraffa, ekonomi dipahami sebagai sistem proses produksi yang saling bergantung. Setiap industri menghasilkan komoditas yang berfungsi sebagai input bagi industri lain. Harga dan keuntungan ditentukan oleh koefisien produksi teknis dan distribusi upah-keuntungan. Konsep kuncinya adalah perbedaan antara barang "pokok" dan "non-pokok". Barang-barang pokok masuk secara langsung atau tidak langsung ke dalam produksi semua komoditas; barang-barang tersebut membentuk tingkat keuntungan secara umum. Pergeseran tahun 2019–2025 menunjukkan bahwa batubara dan material yang terkait dengan properti menjadi kurang "pokok". Pada saat yang sama, komponen manufaktur yang dialiri listrik - semikonduktor, logam canggih, dan infrastruktur tenaga listrik - menjadi lebih sentral dalam matriks produksi. Dengan demikian, struktur barang-barang pokok sedang berevolusi.

Pertumbuhan keuntungan yang terkonsentrasi pada elektronik dan logam non-ferrous menyiratkan bahwa sektor-sektor ini semakin mendasar. Sektor-sektor ini berada di hulu produksi kendaraan listrik, sistem energi terbarukan, otomatisasi, dan manufaktur digital. Dalam istilah rantai pasokan bersarang kita, sektor-sektor ini tertanam dalam sistem reproduksi. Ketika keuntungan di atas rata-rata terus berlanjut di sektor-sektor tersebut, salah satu dari dua hal berikut harus benar:

1. Koefisien teknis mereka membaik (kebutuhan input per unit output menurun); atau
2. Permintaan turunan meningkat lebih cepat daripada output sistem secara keseluruhan.

Pada kenyataannya, keduanya kemungkinan terjadi, sebagaimana dibuktikan oleh tingkat pertumbuhan subsektor.

Tabel 13.2 Tingkat Pertumbuhan Keuntungan Subsektor Pilihan

Subsektor	Pertumbuhan (%)
Logam Besi	299,2
Logam Non-Besi	22,6
Komputer dan Peralatan Komunikasi	19,5
Listrik dan Tenaga Termal	13,9
Mesin Khusus	5,7
Mesin Listrik	4,9

Mesin Umum	4,2
Pengolahan Makanan	3,2
Mobil	0,6
Produk Mineral Non-Logam	-1,7
Produk Kimia	-7,3
Tekstil	-12,0
Ekstraksi Minyak Bumi	-18,7
Pertambangan Batubara	-41,8

13.6 MENINGTEGRASIKAN TERMOEKONOMI

Seperti yang sering disebutkan, kunci pendekatan kami adalah konsep EROEI. Surplus sistemik bergantung pada surplus energi yang tersedia setelah ekstraksi dan konversi energi. Untuk mengingatnya, kita membedakan:

- $EROEI_p$: Pengembalian energi tingkat produsen (efisiensi produksi);
- $EROEI_u$: Pengembalian energi tingkat pengguna (efisiensi penggunaan akhir); dan
- EROEI sistemik: Rasio agregat energi yang disalurkan terhadap energi yang diinvestasikan di seluruh perekonomian.

Kesehatan sistemik dapat didefinisikan sebagai:

$$\frac{\Delta Output}{\Delta Energy} > 1$$

Ketika produksi tumbuh lebih cepat daripada konsumsi energi, sistem tersebut meningkatkan produktivitas energinya. Ekspansi elektrifikasi dan energi terbarukan di Tiongkok menyiratkan:

- Penurunan biaya marginal listrik;
- Pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil; dan
- Peningkatan efisiensi konversi energi.

Faktor-faktor ini meningkatkan $EROEI_p$ dalam pembangkitan listrik dan $EROEI_u$ dalam proses produksi hilir yang menggunakan listrik. Data intensitas energi mendukung hal ini: Intensitas energi keseluruhan Tiongkok turun sekitar 42% dari tahun 2006 hingga 2022, dengan penurunan yang lebih cepat di wilayah teknologi tinggi di timur. Pada tahun 2025, emisi sektor tenaga listrik turun 1,5%, dan konsumsi listrik industri tumbuh 3,7% sementara penggunaan bahan bakar fosil menurun di gedung, industri, dan transportasi (-1,7% dari tahun 2015-2023). Jika energi per unit output turun, koefisien produksi meningkat. Dalam matriks Sraffian, ini menggeser batas upah-keuntungan yang layak ke luar. Baik upah maupun keuntungan dapat meningkat secara bersamaan.

Berdasarkan diskusi tersebut, ada beberapa hipotesis yang dapat diajukan. Pertama, kita dapat berhipotesis bahwa sektor-sektor dengan pertumbuhan laba di atas rata-rata antara tahun 2019 dan 2025 sesuai dengan sektor-sektor yang mengalami peningkatan $EROEI_p$ dan/atau penurunan intensitas energi. Manufaktur elektronik, logam canggih, dan utilitas adalah kandidat utama. Elektrifikasi mengurangi kehilangan energi. Otomatisasi meningkatkan throughput per unit energi. Pembangkitan energi terbarukan menstabilkan biaya input.

Peningkatan efisiensi ini diterjemahkan menjadi (i) biaya unit yang lebih rendah, (ii) peningkatan surplus per unit output, dan (iii) perluasan massa laba. Kecuali sepenuhnya dihilangkan oleh persaingan, peningkatan produktivitas muncul sebagai pertumbuhan laba. Penurunan intensitas energi sektoral (misalnya, pengurangan 18% CO₂/GWh sektor tenaga listrik dari tahun 2015-2020) selaras dengan lonjakan laba di sektor utilitas dan manufaktur terkait.

Rantai pasokan bertingkat memungkinkan penyebaran surplus. Pertimbangkan rantai pasokan kendaraan listrik (EV). Di sini, kita melihat pertumbuhan permintaan EV. Hal ini mendorong perluasan produksi baterai, yang pada gilirannya meningkatkan permintaan logam non-ferrous. Hal ini memicu kebutuhan akan daya yang lebih besar, mendorong peningkatan infrastruktur jaringan listrik, yang juga bertepatan dengan peningkatan fabrikasi semikonduktor. Jadi, jika listrik terbarukan telah meningkatkan EROEI, kita dapat mengharapkan penurunan input energi per unit baterai, penurunan biaya energi per semikonduktor, dan pemasok hulu mengalami peningkatan produktivitas. Dalam dinamika ini, surplus menyebar ke hulu melalui jaringan Sraffian sebagai kaskade efisiensi energi struktural. Rantai pasokan yang saling terkait memperkuat peningkatan $EROEI_p$. Seiring dengan meluasnya elektrifikasi, seluruh blok matriks produksi mengalami penurunan koefisien energi. Pertumbuhan laba di sektor hulu dengan demikian mencerminkan peningkatan termodinamika yang tertanam dalam hubungan struktural. Data terbaru menunjukkan pangsa listrik dalam energi akhir meningkat menjadi 32% pada tahun 2023, dengan elektrifikasi industri sebesar 31%.

13.7 KOEKSISTENSI PROFIT, SURPLUS & LIKUIDITAS

Koeksistensi antara kenaikan upah riil dan perluasan margin keuntungan secara analitis sangat signifikan. Upah rata-rata nominal tumbuh sekitar 52% dari tahun 2019 hingga 2025 (dari Rp.823,1 juta menjadi sekitar Rp.1,25 miliar), dengan pertumbuhan tahunan rata-rata 7-8% (riil sekitar 4-6% setelah inflasi). Dalam sistem energi yang stagnan, kenaikan upah menekan keuntungan atau kenaikan keuntungan menekan upah. Tetapi dalam sistem di mana EROEI meningkat, batas upah-keuntungan yang layak meluas. Dengan kata lain, keduanya dapat meningkat tanpa destabilisasi. Kompresi margin pada tahun 2025 relatif terhadap tahun 2019 menunjukkan difusi kompetitif. Namun *margin keuntungan* lebih tinggi karena volume produksi lebih besar. Hal ini konsisten dengan:

- Koefisien produksi yang lebih baik;
- Peningkatan produktivitas energi; dan
- Transformasi struktural daripada overheating spekulatif.

Sistem keuangan dapat menghasilkan keuntungan melalui leverage yang independen dari efisiensi produksi. Namun, keuntungan tersebut rapuh jika tidak didukung oleh ekspansi surplus riil. Struktur tahun 2019 lebih terkait dengan properti. Dinamika keuntungan lebih sensitif terhadap siklus aset. Struktur tahun 2025 menunjukkan berkurangnya dominasi sektor ekstraktif dan meningkatnya manufaktur yang menggunakan tenaga listrik. Kita juga melihat pertumbuhan utilitas yang stabil dan koeksistensi upah-keuntungan. Hal ini menunjukkan

bahwa keuntungan semakin berakar pada sirkuit produksi riil daripada inflasi aset spekulatif. Disiplin termodinamika - persyaratan bahwa energi surplus mendukung nilai surplus - semakin terlihat dalam data.

13.8 INDIKATOR KOMPOSIT KESEHATAN SISTEMIK

Sekarang saya beralih ke pertanyaan yang lebih luas tentang kesehatan sistemik. Dalam kerangka SEV, kita dapat mendefinisikan kesehatan sistemik sebagai kehadiran simultan dari:

1. Pertumbuhan output melebihi pertumbuhan energi;
2. Massa laba agregat yang stabil atau meningkat;
3. Upah riil yang meningkat;
4. Rotasi struktural menuju sektor-sektor yang hemat energi; dan
5. Menurunnya kepentingan relatif sektor-sektor berenergi tinggi dan berproduktivitas rendah.

Perbandingan tahun 2019–2025 menunjukkan kemajuan pada kelima dimensi tersebut. Intensitas energi turun sekitar 4-5% hanya dari tahun 2020-2023, dengan output (PDB) tumbuh sekitar 5% per tahun pada tahun 2025.

Kerangka kerja SEV-Sraffa yang terintegrasi ini menantang tiga narasi konvensional. Narasi konvensional menyatakan bahwa kompresi margin menandakan kelemahan. Sebaliknya, kita mengamati kompresi margin bersamaan dengan pertumbuhan massa laba. Narasi konvensional juga mengklaim bahwa penurunan laba ekstraktif menyiratkan kerapuhan sistemik. Data menunjukkan bahwa kita sedang menyaksikan penurunan struktural ekstraksi bahan bakar fosil. Terakhir, argumen arus utama mengklaim bahwa kenaikan upah pasti akan melemahkan daya saing. Namun, yang kita lihat adalah pertumbuhan upah yang berdampingan dengan manufaktur yang kompetitif. Ini adalah tanda-tanda peningkatan struktural, yang kurang dipahami dalam analisis arus utama.

Data laba industri Tiongkok tahun 2025 mengungkapkan pertumbuhan agregat yang lebih dari sekadar moderat. Data tersebut menandakan transformasi struktural dalam komposisi surplus, konsisten dengan elektrifikasi, perluasan energi terbarukan, dan peningkatan industri yang ditargetkan. Ketika diinterpretasikan melalui lensa produksi SEV-Sraffa, data tersebut menunjukkan:

- Likuiditas telah bergeser ke arah sirkuit produksi;
- Komposisi barang pokok bergeser ke arah sektor teknologi tinggi dan sektor yang terlistrikan;
- Pertumbuhan laba di atas rata-rata berkorelasi dengan peningkatan koefisien produksi dan peningkatan $EROEI_p$;
- Kenaikan upah dan laba bersama-sama menunjukkan perluasan surplus sistemik; dan
- Pertumbuhan output relatif terhadap input energi menyiratkan peningkatan EROEI sistemik.

Integrasi ekonomi struktural dan termodinamika memberikan diagnosis yang lebih kaya tentang kesehatan sistemik daripada hanya metrik keuangan. Statistik keuntungan, ketika ditempatkan dalam rantai pasokan yang saling terkait dan dinamika efisiensi energi, menjadi

indikator transformasi sistemik yang mendalam. Pergeseran 2019–2025 menandai bukan hanya pemulihan siklus tetapi juga redefinisi struktural matriks produksi Tiongkok.

Pemulihan keuntungan sering disalahartikan sebagai tanda efisiensi yang diperbarui dalam struktur yang ada. Data Tiongkok menunjukkan sesuatu yang berbeda. Pemulihan tersebut bertepatan dengan keluarnya, konsolidasi, atau devaluasi koefisien produksi yang usang - pabrik, proses, dan barang modal yang hubungan input-output-nya tidak lagi membenarkan kelanjutan operasinya di bawah kondisi teknologi dan pasar yang berlaku. Proses ini telah terlihat selama beberapa tahun terakhir di industri baja, semen, bahan kimia kelas bawah, dan manufaktur yang terkait dengan properti. Penutupan kapasitas, merger, dan restrukturisasi utang meningkatkan efisiensi pasokan tetapi juga hambatan keuangan yang terkait dengan stok modal dengan pengembalian rendah. Yang tersisa adalah basis industri yang lebih ramping, lebih selaras dengan struktur permintaan saat ini dan batas teknologi. Ini bukan sekadar peningkatan ekstraksi nilai surplus, tetapi juga penataan ulang modal tetap; pergeseran menuju mesin, sistem, dan aset berbasis pengetahuan yang meningkatkan output per unit tenaga kerja dan energi. Dengan kata lain, kita dapat mengatakan bahwa ini adalah peningkatan koefisien produksi yang meningkatkan efisiensi modal tanpa menekan upah.

Mungkin fitur yang paling penting secara politis dan analitis dari pemulihan laba tahun 2025 adalah apa yang tidak terjadi. Upah riil tumbuh sekitar 5% selama periode yang sama. Hal ini saja sudah membuktikan bahwa klaim bahwa kembalinya profitabilitas dicapai melalui disiplin tenaga kerja atau penekanan pendapatan adalah salah. Sebaliknya, profitabilitas meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan rumah tangga. Koeksistensi ini menunjukkan margin yang didorong oleh produktivitas, bukan konflik distribusi. Produksi dengan nilai tambah yang lebih tinggi, perputaran persediaan yang lebih cepat di sektor teknologi tinggi, dan peningkatan pemanfaatan modal semuanya dapat meningkatkan laba bahkan ketika upah riil meningkat. Ini penting karena menunjukkan bahwa transformasi industri Tiongkok tetap bersifat ekspansif dan bukan zero-sum. Sistem ini tidak memulihkan profitabilitas dengan menekan biaya ke bawah secara menyeluruh, tetapi dengan memindahkan produksi ke aktivitas di mana upah yang lebih tinggi kompatibel dengan pengembalian yang lebih tinggi. Dalam hal ini, data laba juga memperkuat narasi makro yang lebih luas tentang rotasi domestik - meningkatnya pendapatan mendukung konsumsi, yang pada gilirannya mendukung permintaan manufaktur canggih, khususnya untuk elektronik, peralatan cerdas, produk medis, dan sistem transportasi.

Periode stagnasi atau penurunan keuntungan—sering digambarkan sebagai involusi—mencerminkan kendala struktural dalam sistem produksi, khususnya keseimbangan antara upah, keuntungan, dan koefisien teknis yang mendasarinya. Dalam kasus Tiongkok, kontraksi moderat keuntungan industri agregat bersamaan dengan meningkatnya profitabilitas di sektor manufaktur teknologi tinggi menandakan pengalokasian kembali surplus ke sektor padat modal dan berteknologi maju. Mengatasi involusi membutuhkan strategi yang secara bersamaan meningkatkan profitabilitas, produktivitas, upah, dan likuiditas sistem, sekaligus mengantisipasi dampak jangka panjang dari pergeseran demografis.

Investasi teknologi memainkan peran sentral. Dengan mengganti modal dengan tenaga kerja dalam tugas-tugas rutin atau berproduktivitas rendah, perusahaan mengurangi biaya tenaga kerja per unit, meningkatkan output per pekerja, dan menstabilkan atau meningkatkan tingkat keuntungan efektif. Dalam istilah Sraffian, ini mengubah koefisien teknis produksi, memperluas komoditas standar dan meningkatkan batas atas akumulasi tanpa menekan upah. Otomasi, robotika, dan produksi berbasis AI tidak hanya memulihkan margin di sektor-sektor yang tertekan tetapi juga mendorong peningkatan produktivitas jangka panjang, mendukung akumulasi yang lebih tinggi dan mempertahankan daya saing di pasar internasional. Pertumbuhan produktivitas melingkupi substitusi teknologi. Perbaikan proses, inovasi, dan manajemen yang lebih baik meningkatkan output per unit input, memperbesar surplus yang tersedia untuk didistribusikan. Produktivitas yang lebih tinggi memungkinkan perusahaan untuk mengakomodasi kenaikan upah sambil mempertahankan atau meningkatkan margin keuntungan, mengurangi pertukaran tradisional antara remunerasi tenaga kerja dan pengembalian modal. Di sektor manufaktur teknologi tinggi, hal ini telah terlihat dalam beberapa bulan terakhir, dengan pertumbuhan laba yang meningkat meskipun ada tekanan di sektor lain.

Pertumbuhan upah, jika selaras dengan peningkatan produktivitas, memperkuat siklus dengan memperluas permintaan domestik. Kenaikan upah tidak selalu menekan keuntungan jika output per pekerja meningkat cukup. Upah yang lebih tinggi juga membantu menjaga stabilitas sosial, memperluas pertumbuhan yang didorong oleh konsumsi, dan menciptakan hubungan yang baik antara distribusi dan akumulasi. Hal ini memastikan bahwa output menemukan pasar, khususnya untuk barang-barang yang diproduksi di dalam negeri, mendukung keuntungan dan pertumbuhan berkelanjutan. Yang terpenting, strategi produksi dan distribusi ini membutuhkan likuiditas sistem yang memadai dan kredit komersial yang tepat sasaran. Investasi dalam teknologi dan modal yang meningkatkan produktivitas membutuhkan pembiayaan di muka. Dengan memastikan ketersediaan kredit yang cukup, sistem memungkinkan perusahaan untuk menerapkan otomatisasi, meningkatkan proses, dan memperluas kapasitas tanpa dibatasi oleh tekanan arus kas jangka pendek. Kredit yang diarahkan secara strategis dapat memprioritaskan sektor-sektor berproduktivitas tinggi, memperkuat transformasi struktural sambil menghindari alokasi yang tidak efisien ke area dengan pengembalian rendah. Penyediaan likuiditas juga mempertahankan modal kerja dan pembayaran upah, yang kemudian kembali ke permintaan domestik dan pada akhirnya mendukung pertumbuhan keuntungan - sebuah lingkaran yang saling memperkuat antara keuangan, produksi, dan distribusi.

Jika dilihat dalam jangka panjang, lintasan demografis Tiongkok memperkuat kebutuhan akan penyesuaian struktural ini. Populasi yang secara bertahap menua menyiratkan pertumbuhan angkatan kerja yang lebih lambat dan rasio ketergantungan yang meningkat. Kelangkaan tenaga kerja di sektor-sektor inti secara alami memberikan tekanan ke atas pada upah, yang dapat diakomodasi jika peningkatan produktivitas terus memperluas output per pekerja. Kendala demografis ini mempercepat substitusi teknologi dan otomatisasi, menggeser perekonomian menuju rasio modal-tenaga kerja yang lebih tinggi dan

meningkatkan produktivitas secara keseluruhan. Seiring waktu, produksi padat tenaga kerja akan berpindah ke wilayah berbiaya rendah di dalam negeri atau pindah ke pusat-pusat upah rendah global, sementara sektor domestik semakin bergantung pada proses otomatis dan berproduktivitas tinggi.

Pergeseran ini memiliki implikasi sosial yang lebih luas. Seiring manufaktur padat tenaga kerja menjadi lebih otomatis, sebagian besar perekonomian secara alami beralih ke sektor jasa, khususnya bidang-bidang yang tidak dapat sepenuhnya diotomatisasi - perawatan kesehatan, pendidikan, industri budaya, dan layanan rekreasi. Kenaikan upah, yang didukung oleh peningkatan produktivitas, mendorong permintaan akan layanan-layanan ini, menciptakan ekspansi struktural sektor-sektor yang dipimpin oleh konsumsi. Otomatisasi dan peningkatan produktivitas juga membuka kemungkinan waktu luang yang lebih banyak, mencerminkan efisiensi teknologi dan preferensi sosial, serta memperkuat permintaan untuk kegiatan yang berorientasi pada layanan. Investasi publik melengkapi dinamika sektor swasta ini. Infrastruktur, pembangunan perkotaan, pendidikan, dan perawatan kesehatan menjadi penting dalam mendukung produktivitas dan kesejahteraan sosial, sekaligus menyerap tenaga kerja yang tergantikan oleh otomatisasi. Investasi dalam ekonomi fundamental - barang publik dan layanan penting - tidak hanya meningkatkan produktivitas jangka panjang tetapi juga mempertahankan permintaan domestik, membantu menstabilkan keuntungan dan menjaga kohesi sosial.

Secara keseluruhan, efek gabungan dari investasi teknologi, pertumbuhan produktivitas, ekspansi upah, kredit yang ditargetkan, dan investasi publik memberikan strategi yang koheren untuk mengatasi involusi sambil mempersiapkan ekonomi untuk masa depan yang bertransformasi secara struktural. Sistem industri Tiongkok bergerak menuju ekonomi yang berproduktivitas tinggi, bergaji tinggi, dan lebih otomatis, yang didukung oleh investasi publik yang kuat dan sektor jasa yang berkembang secara dinamis. Dalam kerangka kerja ini, pertumbuhan keuntungan, pertumbuhan upah, dan pembangunan sosial saling kompatibel, dan lintasan jangka panjang mengarah pada akumulasi yang berkelanjutan, peningkatan standar hidup, dan potensi perluasan kegiatan ekonomi yang berorientasi pada waktu luang dan layanan.

BAB 14

EROEI & TRANSISI ENERGI GLOBAL

14.1 PENDAHULUAN

Seiring dunia mempercepat menuju sistem energi net-zero, salah satu pertanyaan yang paling penting, namun sering disalahpahami, adalah apakah sistem yang didominasi energi terbarukan dapat mempertahankan fondasi energi peradaban industri. Inti dari perdebatan ini terletak pada konsep yang lebih mendasar daripada harga atau emisi - yaitu EROEI. Sebuah studi terbaru yang diterbitkan di *Nature Communications* oleh Sahin dan kawan-kawan menawarkan analisis EROEI sistemik yang ketat di sembilan skenario transisi global, memberikan wawasan penting tidak hanya untuk para insinyur dan pembuat kebijakan tetapi juga untuk siapa pun yang peduli dengan stabilitas geopolitik dan reproduksi sosial di era transformasi energi. Bab ini memanfaatkan karya terbaru ini untuk mengeksplorasi isu-isu tersebut dari perspektif SEV yang lebih luas.

Untuk sepenuhnya memahami apa yang dipertaruhkan, kita harus menempatkan EROEI dalam konteks sistem yang lebih luas yang mempertimbangkan bagaimana energi tidak hanya menggerakkan mesin tetapi juga bertindak sebagai substrat yang mendukung aliran nilai dalam sistem ekonomi dan sosial. Kerangka kerja SEV menawarkan lensa tersebut, memposisikan energi sebagai masukan fisik dan penggerak abstrak dari hubungan pertukaran. Dari sudut pandang ini, EROEI bukan hanya metrik teknik tetapi juga sinyal kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan surplus - energi di luar apa yang dibutuhkan untuk pemeliharaan diri - dan dengan demikian kapasitasnya untuk mempertahankan saling ketergantungan yang kompleks.

14.2 TIGA FAKTOR UTAMA: EROEI, SURPLUS, DAN KOMPLEKSITAS

Secara historis, sistem energi dengan EROEI tinggi telah memungkinkan akumulasi institusi, infrastruktur, dan kekuatan geopolitik yang kompleks. Zaman keemasan bahan bakar fosil, terutama minyak pertengahan abad ke-20 dengan rasio EROEI di atas 50:1, memungkinkan produksi surplus yang belum pernah terjadi sebelumnya. Surplus ini tidak hanya memungkinkan pertumbuhan tetapi juga memungkinkan birokrasi yang luas, proyeksi militer yang besar, rantai pasokan global, dan konsumsi diskresioner dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Namun era itu akan berakhir. Studi Sahin dan kawan-kawan menegaskan bahwa EROEI bahan bakar fosil mengalami penurunan struktural, khususnya untuk minyak dan gas. Metode ekstraksi non-konvensional seperti fracking menghasilkan pengembalian energi bersih antara 4:1 dan 10:1, jauh berbeda dari kelimpahan energi di masa lalu. Hal ini penting karena penurunan energi bersih tidak linier dalam efeknya tetapi geometris. Saat EROEI mendekati "jurang energi bersih" (kira-kira 10:1), proporsi energi yang tersedia untuk penggunaan surplus berkurang dengan cepat.

Dalam konteks SEV (Systemic Exchange Value), erosi surplus energi ini mempersempit ruang bagi perputaran nilai tukar sistemik. Institusi dan pasar yang dibangun di atas surplus bahan bakar fosil menjadi lebih sulit untuk dipertahankan. Kekuasaan kedaulatan, yang dipahami dan diukur dalam kapasitas produktif yang didukung energi, menjadi lebih diperebutkan dan lebih bersyarat. Struktur kompleks yang dibangun di atas fondasi surplus energi historis yang semakin menipis kini rentan dan dalam beberapa kasus tidak berkelanjutan.

14.3 ENERGI TERBARUKAN DAN DILEMA PENYIMPANAN

Para kritikus energi terbarukan sering berpendapat bahwa angin dan matahari memiliki EROEI yang lebih rendah daripada bahan bakar fosil setelah penyimpanan dan pembatasan diperhitungkan. Makalah *Nature Communications* membahas hal ini secara langsung. Makalah ini menunjukkan bahwa meskipun EROEI dari sistem energi terbarukan sedikit menurun seiring dengan meningkatnya penetrasi energi terbarukan variabel (VRE), karena biaya energi dari teknologi penyimpanan seperti baterai dan sistem hidrogen, EROEI tetap jauh di atas ambang batas energi bersih dalam semua skenario yang dimodelkan.

Terlebih lagi, penurunan ini stabil setelah penetrasi energi terbarukan 100% tercapai. Dengan kata lain, transisi tersebut menimbulkan biaya sementara dalam investasi energi, tetapi sistem pasca-transisi secara energetik layak dan mandiri. Yang penting, nilai EROEI ini diamortisasi selama masa pakai infrastruktur, yang merupakan detail penting yang sering terlewatkan dalam debat utama.

Dari sudut pandang SEV, dinamika ini menggambarkan pergeseran bukan dalam penciptaan nilai itu sendiri, tetapi dalam bentuk nilai. Sistem bahan bakar fosil didasarkan pada ekstraksi yang berkelanjutan; Artinya, sistem tersebut mencakup apa yang dapat kita gambarkan sebagai bentuk nilai linier. Sistem energi terbarukan membutuhkan investasi awal yang tinggi tetapi memberikan pengembalian sirkular dalam jangka waktu yang panjang. Logika nilai bergeser dari kapasitas produksi ke daya tahan dan dari aliran ke stok. Hal ini memiliki implikasi untuk segala hal, mulai dari keuangan hingga geopolitik.

14.4 PENURUNAN TEMPORAL EROEI FOSIL

Mungkin kesimpulan terpenting dari studi ini adalah bahwa EROEI bersifat dinamis secara temporal. Sistem bahan bakar fosil sedang mengalami penurunan. Hal ini bukan hanya dalam hal emisi atau etika iklim, tetapi juga dalam hal efisiensi energi semata. Dengan kata lain, penurunan nilai termodinamika sistem bahan bakar fosil tidak bergantung pada asumsi perubahan iklim atau persuasi politik terkait. Analisis sensitivitas studi menunjukkan bahwa bahkan penurunan kecil dalam energi yang terkandung dalam minyak dan gas dapat secara signifikan menurunkan EROEI dari sistem yang tetap bergantung padanya. Hal ini sangat kentara dalam skenario seperti jalur STEPS IEA, yang menunda dekarbonisasi penuh.

Para penulis secara eksplisit mencatat bahwa “EROI bahan bakar fosil menunjukkan penurunan tajam pada tahun 2050 karena penipisan cadangan.” Mereka melanjutkan dengan mengatakan bahwa: “Skenario IEA sangat sensitif terhadap perubahan terkecil dalam EROI gas

alam dan minyak.” Hal ini terutama berlaku untuk skenario yang menunda penerapan energi terbarukan. Dalam analisis sensitivitas, ketika EROI yang lebih realistis (menurun) untuk bahan bakar fosil digunakan (terutama gas dan minyak), skenario dominasi fosil IEA berkinerja jauh lebih buruk, terkadang dengan penurunan EROI sistem hingga 6 poin. Jadi, meskipun makalah ini memodelkan EROI jangka pendek yang lebih tinggi untuk sistem yang banyak menggunakan bahan bakar fosil (dalam beberapa skenario), makalah ini tidak menyajikannya sebagai sesuatu yang berkelanjutan atau diinginkan. Bahkan, makalah ini berpendapat bahwa situasi ini menciptakan ilusi sementara untuk hasil EROI, dan bahwa kerentanan akan meningkat di masa depan, dan akibatnya, menyebabkan penurunan EROI yang lebih dramatis.

Terdapat faktor peluruhan temporal yang kuat untuk bahan bakar fosil. Karena bahan bakar fosil adalah sumber daya berbasis stok yang tidak dapat diperbarui, eksploitasinya mengikuti kurva penipisan sumber daya. Deposit yang paling mudah dan kaya energi ("buah yang mudah dipetik") dieksploitasi terlebih dahulu. Seiring waktu, penemuan baru menjadi lebih kecil, lebih dalam, atau di lingkungan yang lebih keras (misalnya, lepas pantai, Arktik, serpihan batuan yang rapat). Ekstraksi menjadi semakin intensif energi (misalnya, fracking, pasir tar, dan pengeboran laut dalam), dan infrastruktur harus bekerja lebih keras untuk hasil yang lebih sedikit (produktivitas sumur menurun). Akibatnya, biaya energi untuk mendapatkan energi meningkat dan EROEI menurun seiring waktu.

Sebaliknya, sistem energi terbarukan menunjukkan tren peningkatan EROEI (Energy Return on Energy Invested/Pengembalian Investasi Energi) secara teknologi. Efisiensi panel surya meningkat; waktu pengembalian energi semakin singkat; dan teknologi baterai semakin membaik. Perbedaan ini memiliki implikasi yang mendalam. Yang penting, Sahin dan kawan-kawan menunjukkan bahwa EROEI energi surya dan angin telah meningkat, bukan menurun. Hal ini disebabkan oleh:

- Penurunan input energi per unit output (berkat efisiensi teknologi dan tingkat pembelajaran);
- Peningkatan material dan proses; dan
- Masa pakai yang lebih lama dan kinerja yang lebih baik.

Beberapa studi sekarang memperkirakan EROEI sistem PV surya di atas 20:1, angin mungkin 30:1–70:1 di lokasi yang baik, yang lebih baik daripada bahan bakar fosil AS saat ini. Model LUT-EROI dalam makalah ini menggunakan analisis siklus hidup dan investasi energi yang diamortisasi, memberikan gambaran yang lebih jelas. Bahkan dengan penyimpanan, sistem energi terbarukan 100% secara global mempertahankan EROEI di atas 10, meskipun mereka menanggung beban teknologi pendukung yang lebih besar.

Dalam SEV (Systemic Exchange Value), dinamika temporal sangat penting. Nilai harus dihasilkan dan direproduksi. Sistem yang menawarkan pengembalian awal yang tinggi tetapi memburuk dengan cepat merupakan bentuk nilai sistemik yang tidak stabil. Sistem tersebut mungkin menopang keunggulan geopolitik untuk sementara waktu - seperti pada booming shale di AS - tetapi pada akhirnya akan mengikis fondasi nilai tukar yang dapat direproduksi.

14.5 DIFERENSIASI GEOPOLITIK

Apa artinya ini secara geopolitik? Di Amerika Serikat, ilusi kemerdekaan energi yang dibangun di atas hidrokarbon hasil fracking kini bertabrakan dengan realitas sumber daya dengan EROEI rendah dan tingkat penurunan produksi yang tinggi. Amerika Serikat memasuki periode tekanan energi yang meningkat, dan meskipun ini bukan skenario keruntuhan, hal ini menandakan kerentanan struktural yang mendalam yang perlu dipertimbangkan oleh para pembuat kebijakan, pasar, dan masyarakat. Minyak dan gas serpih mendominasi produksi bahan bakar fosil AS, tetapi ini memiliki EROEI rendah dan berumur pendek. Sebagian besar titik potensial minyak serpih sudah dibor; sumur baru menghasilkan output yang lebih rendah per unit energi dan modal yang diinvestasikan. EROEI minyak serpih adalah sekitar $\sim 4 - 6:1$, dibandingkan dengan sekitar $\sim 30:1$ yang mendorong ekspansi industri AS abad ke-20. Implikasinya bagi AS adalah negara tersebut menghabiskan lebih banyak energi untuk mendapatkan energi, sehingga mengurangi "surplus energi bersih" - margin energi yang mendukung segala hal lainnya, baik itu transportasi, manufaktur, infrastruktur, layanan sosial, militer, dan lain sebagainya.

Seiring dengan percepatan pertumbuhan beban dari pusat data khususnya, dan mungkin pada waktunya kendaraan listrik dan elektrifikasi yang lebih luas, jaringan listrik menghadapi peningkatan permintaan sementara kualitas energi hulu menurun. AS mendekati titik di mana surplus energinya menyempit, bahkan ketika komitmen ekonomi dan militernya tetap global. Pusat data AI, kendaraan listrik, dan pompa panas menciptakan permintaan listrik baru yang sangat besar. Tetapi jaringan listrik sudah tua; banyak transformator, gardu induk, dan saluran listrik sudah berusia puluhan tahun, dan kesulitan memenuhi permintaan baru tersebut. Laporan berita dari Agustus 2025 menunjukkan bahwa Texas mungkin perlu menutup pusat data karena jaringan distribusi runtuh di bawah beban yang meningkat. Sistem lama menghadapi kendala kapasitas lokal, terutama di koridor teknologi dengan pertumbuhan tinggi (misalnya Virginia Utara, Silicon Valley, dan Texas), yang perlu ditingkatkan untuk menangani aliran dua arah dan variabilitas dari energi terbarukan. AS perlu meningkatkan dan memodernisasi infrastruktur listriknya dengan cepat; dan itu membutuhkan banyak material (tembaga, baja, dan lain-lain.), tenaga kerja terampil, dan investasi energi di muka. Sementara itu, menurut IEA dalam laporan Februari 2025, jaringan AS mengalami hambatan.

Meskipun produksi shale menurun, perusahaan minyak besar enggan berinvestasi besar-besaran dalam proyek hulu baru karena risiko tinggi, pengembalian rendah, ditambah dengan pergeseran ke pengembalian pemegang saham dan disiplin modal. Sementara itu, belanja modal energi terbarukan meningkat karena hambatan material (tarif tidak akan membantu), penundaan perizinan, dan ketidakstabilan rantai pasokan. Efisiensi modal dalam investasi energi AS menurun. Ini menciptakan hambatan dalam perluasan kapasitas bahan bakar fosil dan terbarukan.

AS menghadapi "trilema" energi. Kualitas energi menurun seiring dengan penurunan EROEI bahan bakar fosil, dan energi terbarukan membutuhkan investasi di muka. Tingkat pertumbuhan permintaan energi melebihi pasokan tambahan yang mudah dikerahkan, menciptakan masalah kuantitas energi. Dan, sistem transmisi sudah usang, berada di bawah

tekanan, dan membutuhkan peningkatan yang signifikan. Defisit infrastruktur adalah pilar ketiga dari trilema. AS membutuhkan peningkatan jaringan dan penyimpanan energi yang besar, peningkatan efisiensi di semua sektor - bukan hanya teknologi - integrasi cerdas energi terbarukan terdistribusi, dan investasi besar dalam material, rantai pasokan, dan kapasitas tenaga kerja. Meskipun tidak terlihat jelas, era surplus energi Amerika akan segera berakhir.

Di Eropa, terutama pasca-invasi Ukraina, hilangnya gas pipa dengan EROEI tinggi dari Rusia telah mengungkap kerentanan energi. Menggantinya dengan LNG dari AS menimbulkan biaya energi terwujud yang lebih tinggi dan pengembalian energi bersih yang lebih rendah. Deindustrialisasi Eropa bukan hanya respons terhadap harga, tetapi gejala penurunan energi bersih struktural. Lensa SEV mengungkapkan hal ini bukan sebagai kegagalan pasar tetapi sebagai kontraksi nilai di basis energi. Gas Rusia adalah tulang punggung energi Eropa dengan EROEI tinggi, terutama untuk Jerman, Italia, dan Eropa Timur. Hal ini terus berlanjut hingga akhir 2025/awal 2026, meskipun pipa ke Hongaria dan Slovakia baru-baru ini diserang oleh Ukraina. Mengganti gas Rusia dengan LNG jauh lebih mahal dan memiliki EROEI (Energy Return on Energy Invested/Pengembalian Investasi yang Diperoleh) yang lebih rendah, membutuhkan lebih banyak pemrosesan, kompresi, pengiriman, dan regasifikasi. Akibatnya, ekonomi pasca-industri Eropa sekarang berjalan dengan energi bersih yang lebih rendah.

Jerman telah menonaktifkan atau memindahkan industri-industri yang intensif energi (misalnya, industri kimia dan logam) ke luar negeri. Inggris dan sebagian besar Eropa Barat mengimpor lebih banyak barang jadi sambil mengurangi kapasitas industri. Hal ini sering disebut sebagai "transisi hijau," tetapi juga merupakan penanganan darurat energi. Intinya adalah Eropa beradaptasi dengan kelangkaan energi yang diciptakan sendiri dengan mengurangi permintaan energi domestik, terutama permintaan industri.

Sementara itu, di Tiongkok, di mana perencanaan energi dikoordinasikan pada tingkat strategis, transisi ke energi terbarukan tidak hanya dipandang sebagai keharusan iklim tetapi juga sebagai langkah pro-kedaulatan. Sistem tenaga surya, angin, dan penyimpanan dengan EROEI tinggi sedang dikembangkan tidak hanya untuk pasokan domestik, tetapi juga untuk ekspor sebagai teknologi pendukung; sistem-sistem ini pada dasarnya dikirim sebagai bentuk surplus geopolitik. Dalam hal SEV (Strategic Exchange Value), Tiongkok sedang membangun infrastruktur energi yang meningkatkan kapasitasnya untuk menghasilkan nilai tukar bagi negara lain sekaligus mengamankan otonomi sistemiknya sendiri. Hal ini membuat Tiongkok menjalin hubungan baik dengan lebih banyak negara yang bertanya-tanya bagaimana mereka dapat mengurangi risiko diintimidasi oleh kekuatan Barat yang sedang menurun di satu sisi, dan meningkatkan prospek pembangunan mereka sendiri di sisi lain.

14.6 MEMIKIRKAN KEMBALI SURPLUS DAN KEDAULATAN

Kita memasuki fase di mana surplus tidak lagi mudah atau otomatis. Penurunan EROEI (Energy Return on Energy Invested/Energy Efficiency) dari sistem fosil menekan energi yang tersedia untuk fungsi diskresioner dan redistributif. Hal ini memiliki implikasi untuk segala hal, mulai dari negara kesejahteraan hingga anggaran militer. Sistem energi terbarukan dapat menghasilkan EROEI yang berkelanjutan, tetapi membutuhkan restrukturisasi tentang

bagaimana surplus dihasilkan, disimpan, dan dialokasikan. China mendominasi rantai pasokan teknologi terbarukan (panel surya, baterai, dan motor EV) dan kemampuan hilir dalam hidrogen hijau kini berkembang pesat. Rusia dan Timur Tengah masih mendominasi ekspor minyak dan gas berbiaya rendah. AS terjebak di antara penurunan produksi domestik dengan EROEI tinggi, kebutuhan untuk bertransisi lebih cepat ke opsi EROEI yang lebih tinggi, dan kendala politik pada relokasi atau diversifikasi rantai pasokan energi.

SEV (Social Energy Value) membantu kita memahami hal ini bukan hanya sebagai masalah teknis, tetapi sebagai transformasi dalam logika nilai itu sendiri. Sistem fosil menghasilkan surplus yang cepat tetapi menghabiskan basisnya. Sistem energi terbarukan menghasilkan surplus yang lambat, tetapi dengan potensi abadi, jika dikelola dengan baik. Tantangannya bukanlah apakah energi terbarukan "berfungsi," tetapi apakah lembaga politik dan ekonomi mampu mengelola pergeseran temporal ini.

Temuan dari Sahin dan kawan-kawan secara tegas membantah klaim bahwa sistem 100% energi terbarukan tidak dapat diterapkan dari sudut pandang energi bersih. Tetapi yang lebih penting, mereka mengajak kita untuk memikirkan kembali tujuan sistem energi secara keseluruhan. Dalam kerangka SEV, energi bukan hanya input teknis atau komoditas yang diperdagangkan. Seperti yang telah saya tekankan, energi adalah substrat dari sirkulasi nilai itu sendiri. Karena tren EROEI berbeda antara rezim fosil dan energi terbarukan, taruhannya bukan hanya ekonomi atau lingkungan. Taruhannya adalah peradaban. Sistem mana yang akan mampu mempertahankan hubungan pertukaran yang kompleks, kohesi sosial, dan kedaulatan di dekade mendatang? Jawabannya, semakin bergantung tidak hanya pada siapa yang memiliki energi paling banyak, tetapi siapa yang memiliki pengembalian energi paling banyak dari sistem yang mereka pilih untuk dibangun. Masalah ini dicontohkan dengan baik dalam pendekatan dan skenario yang kontras terkait dengan pengembangan kecerdasan buatan (AI), yang akan kita bahas sekarang.

BAB 15

AI, ENERGI, DAN JALUR KONTRAS

15.1 PENDAHULUAN

Jika berbicara tentang AI, kisah dekade terakhir dapat digambarkan sebagai perlombaan klasik "Kelinci versus Kura-kura". Sektor AS, yang dipimpin oleh perusahaan seperti OpenAI, Anthropic, dan Google DeepMind, melaju dengan cepat dan ambisius, mengejar terobosan yang menarik perhatian dalam model bahasa besar, AI generatif, dan infrastruktur cloud canggih. Sektor ini melaju dengan intensitas yang tampaknya tak terbendung: arus masuk modal yang sangat besar, perekrutan yang agresif, dan peningkatan skala GPU dan pusat data mutakhir yang tiada henti. Tetapi sementara ekosistem AI Amerika berlari kencang, pesaing yang lebih teliti dan metodis diam-diam membangun fondasi yang sekarang mungkin hampir tak tergoyahkan: Tiongkok.

Sekilas, AS tampaknya mempertahankan keunggulan. GPU H100 NVIDIA, akselerator MI300 AMD, dan mikroprosesor buatan Amerika lainnya tetap menjadi mesin komputasi digital paling hemat energi yang tersedia di pasaran. Mereka mendominasi AI berbasis cloud, mendukung penelitian mutakhir, dan membentuk tulang punggung penerapan AI komersial. Namun, keunggulan perangkat keras mentah ini menyembunyikan kerentanan sistemik lainnya yang telah ditangani China secara diam-diam selama bertahun-tahun.

15.2 DINAMIKA ENERGI

Dalam perlombaan senjata AI, FLOP mentah hanyalah sebagian dari cerita. Untuk model skala besar, biaya energi, biaya pendinginan, dan total throughput sistem sama pentingnya; seringkali lebih penting daripada efisiensi chip puncak. Di sini, AS menghadapi kerugian struktural. Harga listrik skala industri di Amerika Serikat meningkat, saat ini rata-rata sekitar Rp.1.200 per kWh, sementara di Tiongkok, wilayah industri besar yang melayani kluster AI hanya membayar Rp.400 per kWh. Manufaktur node canggih bergantung pada rantai pasokan yang rapuh dan terpapar secara geopolitik, dan unsur tanah jarang - yang penting untuk GPU dan komponen mikroprosesor lainnya - sebagian besar diimpor, sehingga operasi AS rentan terhadap guncangan dan gangguan harga.

Sebaliknya, Tiongkok telah mengatur keunggulan sistematis di setiap elemen tumpukan. Produksi chip domestiknya, termasuk akselerator digital dan serangkaian chip AI analog yang berkembang pesat, terus meningkat secara stabil. Pertimbangkan pelatihan model AI besar dengan 1 triliun parameter: sebuah kluster AS yang menggunakan GPU H100 menghabiskan biaya listrik sekitar Rp.800.000.000 per pelatihan, sementara kluster Tiongkok, meskipun menggunakan GPU yang sedikit kurang efisien, mencapai biaya sekitar Rp.780.000.000 berkat harga energi yang lebih rendah dan optimasi perangkat lunak. Bahkan pada biaya per joule komputasi efektif, lintasannya menguntungkan Tiongkok; dan

kesenjangan tersebut kemungkinan akan melebar seiring dengan kenaikan harga listrik AS dan harga energi Tiongkok tetap stabil atau turun. Bahkan dengan efisiensi chip mentah yang lebih rendah, Tiongkok mencapai total biaya per pelatihan yang sedikit lebih rendah karena listrik yang lebih murah dan optimasi perangkat lunak (lihat Tabel 15.1).

Tabel 15.1 Perbandingan Kinerja Operasional AS Dan Tiongkok

Metrik	AS (H100)	Tiongkok (GPU Biren/SMIC)
Model pelatihan	Parameter 1T	Parameter 1T
Total FLOPs	1×10^{14}	1×10^{14}
Efisiensi chip	2 pJ/FLOP	8 pJ/FLOP
Jumlah chip	1.000	4.000
Biaya listrik	Rp.1.200/kWh	Rp.400/kWh
PUE	1,2	1,1
Optimasi perangkat lunak	Sedang	Tinggi (~20% peningkatan)

Perhitungan:

1. Energi mentah per putaran:
 - AS: $1 \times 10^{24} \times 2 \times 10^{-12} = 2 \times 10^{12}$ J
 - Cina: $1 \times 10^{24} \times 8 \times 10^{-12} = 8 \times 10^{12}$ J
2. Total energi termasuk PUE:
 - AS: $2 \times 10^{12} \times 1,2 = 2,4 \times 10^{12}$ J \approx 667 kWh
 - Cina: $8 \times 10^{12} \times 1,1 = 8,8 \times 10^{12}$ J \approx 2,44 MWh
3. Biaya energi:
 - AS: Rp. 6,670 miliar \times 0,12 \approx Rp. 800.400.000
 - Cina (setelah peningkatan efisiensi perangkat lunak 20%): Rp. 24,4 miliar \times 0,8 \times 0,04 \approx Rp. 780.800.000

Pada akhir September 2025, Menteri Energi AS Chris Wright menyatakan bahwa Amerika harus menambah setidaknya 100 gigawatt (GW) kapasitas daya tetap dalam lima tahun ke depan jika ingin mempertahankan kepemimpinan global dalam AI dan mendorong reindustrialisasi ekonomi yang lebih luas. Secara sepintas, klaim tersebut ambisius sekaligus mendesak. Sistem AI dan pusat data adalah konsumen energi yang rakus, membutuhkan pasokan yang konstan dan andal, sementara kebangkitan serius manufaktur domestik juga bergantung pada listrik yang stabil dan terjangkau. Namun, skala ekspansi yang diusulkan - 100 GW daya tetap, bukan energi terbarukan yang intermiten - membutuhkan pengawasan ketat.

Target tersebut tidak hanya tidak masuk akal, tetapi hampir mustahil dalam kondisi saat ini. Dalam membuat pengamatan tersebut, Wright secara tidak sengaja mengungkap salah satu titik lemah Amerika yang paling rentan. Amerika Serikat menghadapi hambatan struktural yang mendalam dalam pengembangan infrastruktur energi, mulai dari penundaan regulasi dan kendala transmisi hingga biaya modal, kekurangan tenaga kerja terampil, dan kesiapan teknologi. Bahkan tanpa komplikasi internasional, hambatan domestik ini membuat target lima tahun untuk kapasitas daya tetap sebesar 100 GW secara efektif tidak dapat dicapai.

Implikasinya sangat brutal dan nyata. Pasokan listrik yang terbatas dan mahal untuk AI dan manufaktur akan merusak daya saing ekonomi Amerika, dengan efek domino pada keterjangkauan rumah tangga.

Selain itu, dominasi Tiongkok dalam rantai pasokan energi global memperbesar tantangan dan kerentanan Amerika. Dengan mengendalikan titik-titik kritis dalam input penting - dari transformator hingga baterai hingga komponen nuklir - Tiongkok memiliki pengaruh industri untuk menaikkan biaya atau mengarahkan kapasitas ke bagian lain dunia. Inisiatif Sabuk dan Jalan (BRI) menyediakan jalan keluar yang jelas dan terus berkembang untuk kapasitas pembangkitan dan penyimpanan energi; dan seiring dengan perluasan pasar ini, masalah yang lebih dalam adalah dilema energi Amerika sendiri: Amerika tidak dapat memenuhi ambisi yang dinyatakan dengan syaratnya sendiri, dan dinamika pasokan global bergerak melawannya.

1. Skala Permintaan

Untuk memahami skala seruan Menteri Energi untuk 100 GW daya tetap dalam lima tahun, ada baiknya menempatkan angka tersebut dalam konteks sistem energi Amerika yang ada. Menurut EIA, AS memiliki sekitar 1.250 gigawatt total kapasitas terpasang, di mana mungkin 700–750 GW dapat dianggap sebagai "tetap" atau dapat diatur - artinya dapat secara andal mengirimkan listrik saat dibutuhkan, tidak seperti pembangkit energi terbarukan yang variabel seperti tenaga surya dan angin. Menambahkan 100 GW kapasitas tetap akan mewakili peningkatan sekitar 8–9% dari total kapasitas pembangkitan AS, atau mendekati 14% dari kapasitas tetap, dalam periode yang lebih singkat dari masa jabatan presiden.

Catatan sejarah menunjukkan bahwa skala ekspansi ini sangat tidak biasa. Sebagai contoh, selama tahun 2000-an, ledakan pembangkit listrik siklus gabungan gas alam menambah kapasitas, tetapi bahkan pada puncaknya, negara tersebut hanya menghasilkan 20–25 GW pembangkitan tetap per tahun - dan itu pun dalam kondisi keuangan, peraturan, dan rantai pasokan yang lebih menguntungkan daripada saat ini. Konstruksi nuklir hampir stagnan selama beberapa dekade, dengan hanya dua reaktor baru yang selesai dalam 30 tahun terakhir, keduanya dilanda penundaan dan pembengkakan biaya. Batu bara mengalami penurunan struktural dan secara politis menantang sebagai sumber kapasitas baru. Potensi tenaga air sebagian besar telah dimanfaatkan. Singkatnya, tidak ada preseden dalam sejarah energi AS baru-baru ini untuk membangun 100 GW kapasitas yang andal dan tidak terputus-putus dalam jangka waktu sekitar lima tahun.

Yang membuat target ini semakin menakutkan adalah sifat permintaan yang mendorongnya. Beban kerja kecerdasan buatan, terutama pelatihan dan inferensi skala besar di pusat data hiperskala, tidak hanya intensif energi tetapi juga sangat tidak fleksibel. Tidak seperti beberapa proses industri yang dapat menyesuaikan konsumsi sebagai respons terhadap sinyal harga, pusat data AI membutuhkan listrik yang tidak terputus dan terus menerus. Demikian pula, reindustrialisasi - khususnya di sektor-sektor yang padat energi seperti semikonduktor, aluminium, baja, dan bahan kimia canggih - tidak dapat berfungsi berdasarkan pasokan yang terputus-putus atau tidak dapat diandalkan. Dalam hal ini,

permintaan secara kualitatif berbeda dari beban rumah tangga atau komersial: ini bukan hanya masalah konsumsi rata-rata, tetapi ketersediaan yang pasti dalam semua kondisi.

Target 100 GW dengan demikian mencerminkan pengakuan mendasar bahwa sistem energi Amerika yang ada tidak dapat mendukung ambisi ganda untuk mendukung AI dan menghidupkan kembali manufaktur. Tetapi pengakuan atas masalah tersebut tidak boleh disamakan dengan kelayakan. Bahkan dengan asumsi optimis, skala pembangkitan baru yang pasti yang dibutuhkan akan sulit untuk dikumpulkan dalam satu dekade. Untuk mencobanya dalam setengah waktu itu membutuhkan bukan hanya ledakan konstruksi yang belum pernah terjadi sebelumnya, tetapi juga penyelesaian hambatan struktural yang telah lama membatasi pengembangan energi AS.

2. Hambatan Domestik Dalam Ekspansi Tenaga Listrik

Amerika Serikat telah lama berjuang untuk menambah kapasitas tenaga listrik skala besar secara tepat waktu dan hemat biaya. Ambisi Menteri Energi sebesar 100 GW bertabrakan langsung dengan hambatan-hambatan yang sudah mengakar ini. Bahkan sebelum memperhitungkan risiko rantai pasokan internasional, gambaran domestik menunjukkan serangkaian hambatan yang begitu parah sehingga target tersebut hampir seperti fantasi. Hambatan yang paling terkenal adalah penundaan perizinan dan regulasi. Proyek energi skala utilitas - baik pembangkit listrik tenaga gas alam, reaktor nuklir, ekspansi tenaga air, atau jalur transmisi utama - menghadapi peninjauan regulasi yang berkepanjangan. Rata-rata, dibutuhkan tujuh hingga sepuluh tahun untuk mendapatkan izin dan membangun jalur transmisi tegangan tinggi baru, dan bahkan lebih lama untuk tenaga nuklir. Beberapa proyek transmisi tegangan tinggi membutuhkan waktu 13 hingga 19 tahun dari pengajuan hingga penyelesaian, sementara pembangkit listrik tenaga nuklir dapat membutuhkan waktu satu dekade atau lebih untuk dibangun, dengan beberapa proyek besar di AS membutuhkan waktu lebih dari 12 tahun. Peninjauan lingkungan, litigasi, dan penentangan lokal ("Dinamika 'Bukan di Halaman Belakang Saya'") menunda atau menggagalkan proyek di seluruh negeri.

Undang-Undang Pengurangan Inflasi (IRA) menawarkan subsidi besar untuk energi bersih, tetapi tidak menyelesaikan kelumpuhan perizinan. Proposal untuk menyederhanakan persetujuan tetap terjebak dalam kebuntuan politik. Tanpa reformasi, bahkan proyek yang siap dibangun pun membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk dimulai, sehingga jangka waktu lima tahun untuk kapasitas tetap 100 GW secara struktural tidak dapat dicapai.

Sektor energi adalah sektor padat modal, dan dalam lingkungan makroekonomi saat ini, pembiayaan menjadi semakin sulit, bukan semakin mudah. Suku bunga tetap tinggi, dan biaya energi yang dirata-ratakan (LCOE) untuk pembangkit listrik baru sangat sensitif terhadap biaya pembiayaan. Energi nuklir, khususnya, hampir tidak dapat dibiayai tanpa jaminan pemerintah. Proyek gas alam tidak hanya menghadapi biaya modal tetapi juga keraguan investor yang terkait dengan mandat dekarbonisasi dan litigasi iklim. Pada intinya, ada dilema alokasi modal. Wall Street lebih menyukai pengembalian jangka pendek dari pusat data dan infrastruktur digital daripada pengembalian jangka panjang yang berisiko tinggi dari proyek pembangkit listrik. Bahkan jika pembiayaan tersedia, persyaratannya akan meningkatkan biaya proyek dan karenanya harga konsumen.

AS kekurangan tenaga kerja terampil yang dibutuhkan untuk pembangunan besar-besaran pembangkit listrik, atau untuk manufaktur secara umum. Tukang las nuklir, tukang pipa, insinyur sipil khusus, dan teknisi listrik tegangan tinggi sudah kekurangan pasokan. Proyek konstruksi skala besar di berbagai sektor - dari semikonduktor hingga infrastruktur transportasi - bersaing untuk mendapatkan tenaga kerja terampil yang langka. Hal ini menciptakan apa yang oleh para ekonom disebut sebagai efek "Penyakit Belanda" dalam perekonomian domestik: ledakan di satu sektor (infrastruktur energi untuk AI dan reindustrialisasi) mendorong kenaikan upah dan biaya, menguras sumber daya dari kegiatan produktif lainnya. Daerah yang tidak mengalami peningkatan energi yang signifikan akan menghadapi situasi terburuk dari kedua sisi - harga listrik dan tenaga kerja yang lebih tinggi, tetapi tanpa manfaat investasi langsung. Efek distorsi ini membuat reindustrialisasi nasional semakin sulit, karena memecah perekonomian menjadi "yang memiliki energi" dan "yang tidak memiliki energi".

Terdapat Juga Kendala Spesifik Teknologi.

Pembangkit listrik berbahan bakar gas adalah bentuk pembangkit listrik yang paling mudah diskalakan dan dapat dibangun dengan cepat. Namun, pembangkit baru membutuhkan jalur pipa dan stasiun kompresor baru, yang banyak di antaranya kontroversial secara politik dan tunduk pada kebuntuan perizinan yang sama seperti yang dijelaskan di atas. Kekhawatiran emisi metana membuat gas menjadi isu yang memecah belah secara politik, sehingga melemahkan kelayakan investasi jangka panjang. Adapun pengembangan energi nuklir, reaktor modular kecil (SMR) disebut-sebut sebagai solusi, tetapi belum ada yang terbukti pada skala komersial di AS. Proyek NuScale di Idaho baru-baru ini dibatalkan karena biaya yang melonjak. Pembangkit listrik tenaga nuklir skala besar bahkan lebih bermasalah. Unit Vogtle di Georgia membutuhkan waktu lebih dari satu dekade dan menelan biaya lebih dari Rp.300 triliun hanya untuk kapasitas 2,2 GW. Pembangkit listrik tenaga air dan penyimpanan air terpompa juga menghadapi kendala. AS telah memanfaatkan sebagian besar lokasi pembangkit listrik tenaga air yang layak. Penyimpanan air terpompa tetap menarik secara teknis tetapi membutuhkan waktu konstruksi yang lama dan fitur geografis yang unik, yang keduanya membatasi skalabilitas dalam jangka waktu lima tahun. Meskipun penyimpanan baterai berkembang pesat, hal itu belum memberikan daya yang benar-benar stabil. Baterai lithium-ion biasanya menawarkan penyimpanan selama empat hingga delapan jam, berguna untuk menyeimbangkan energi terbarukan tetapi tidak memadai untuk keandalan multi-hari atau musiman. Selain itu, peningkatan skala baterai ke tingkat daya yang stabil akan memperburuk ketergantungan pada rantai pasokan Tiongkok.

Kemacetan transmisi adalah kenyataan yang akan memengaruhi kelayakan jadwal ambisius Menteri Energi. Bahkan jika kapasitas pembangkitan baru dapat dibangun, kapasitas tersebut harus dihubungkan. Sistem transmisi AS sudah padat, dengan antrian interkoneksi melebihi 2.000 GW proyek. Transformator - penting untuk jalur dan gardu induk baru - sangat kekurangan pasokan. Waktu tunggu untuk transformator besar sekarang melebihi tiga tahun, dan banyak yang diimpor dari Tiongkok atau Korea Selatan. Tanpa peningkatan transmisi besar-besaran, kapasitas pembangkitan baru akan terbengkalai atau kurang dimanfaatkan.

Tidak satu pun dari kendala ini yang terisolasi, karena masing-masing memiliki implikasi interaksi sistemik untuk masalah lain dalam sistem secara keseluruhan. Setiap kemacetan memperparah yang lain. Kelangkaan tenaga kerja meningkatkan biaya proyek; biaya modal yang tinggi menghambat pembiayaan; Penundaan regulasi membuat investor waspada; dan kekurangan transmisi menghambat integrasi. Bersama-sama, hambatan-hambatan ini membentuk blok sistemik terhadap perluasan kapasitas tetap yang cepat. Permintaan Menteri Energi sebesar 100 GW dengan demikian tidak berbenturan dengan satu hambatan tunggal, tetapi dengan jaringan kendala struktural yang saling terkait. Dalam praktiknya, AS secara realistis dapat menambah 30–40 GW daya tetap selama lima tahun, jika mereka berupaya agresif di berbagai bidang. Tetapi ini jauh dari tujuan yang dinyatakan, dan ketidaksesuaian antara aspirasi dan kemampuan untuk mewujudkannya akan memiliki implikasi yang mendalam.

3. Implikasi Harga Dan Sistemik

Kesenjangan antara ambisi Menteri Energi sebesar 100 GW dan target realistis 30–40 GW yang mungkin tercapai dalam lima tahun bukanlah sekadar kekurangan teknis. Hal ini memiliki konsekuensi ekonomi dan sistemik yang mendalam. Harga listrik, daya saing industri, dan kelayakan pertumbuhan AI semuanya terkait erat dengan ketersediaan kapasitas yang stabil dan hemat biaya.

Pertama, hal ini akan menciptakan tekanan harga grosir ke atas. Pasar listrik menyeimbangkan penawaran dan permintaan pada batas tertentu berdasarkan interval waktu. Ketika kapasitas yang stabil langka, harga ditetapkan bukan oleh biaya rata-rata pembangkitan tetapi oleh unit termahal yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan puncak. Jika daya stabil baru tidak mencukupi, pembangkit listrik puncak - yang seringkali berupa turbin gas yang tidak efisien dan beremisi tinggi - akan semakin menentukan harga. Hasilnya dapat diprediksi. Kita melihat pergeseran struktural ke atas dalam harga grosir. Tidaklah berlebihan untuk memperkirakan bahwa jika hanya 40 GW daya stabil baru yang ditambahkan alih-alih 100 GW, harga grosir dapat naik 30% atau lebih. Peningkatan ini akan berdampak ke semua sektor, meningkatkan biaya produksi dan memicu inflasi umum. Dengan demikian, ledakan AI tidak hanya akan mengonsumsi listrik, tetapi juga akan menaikkan harganya bagi semua orang.

Beban kerja AI sangat boros listrik. Melatih model besar membutuhkan ratusan megawatt di satu lokasi, seringkali berjalan terus menerus selama berminggu-minggu atau berbulan-bulan. Inferensi - operasi sehari-hari untuk menyajikan output AI - juga membutuhkan daya sepanjang waktu. Tidak seperti beberapa industri, pusat data tidak dapat dengan mudah menggeser permintaan sebagai respons terhadap harga tinggi; waktu aktif dan keandalan sangat penting. Ini berarti perusahaan AI akan membayar - untuk saat ini - berapa pun yang diperlukan untuk mengamankan daya. Dalam jangka pendek, penyedia hyperscale mungkin dapat menyerap biaya yang lebih tinggi, tetapi seiring kenaikan harga, biaya tersebut akan diteruskan ke pelanggan. Layanan cloud dan AI akan menjadi lebih mahal, mengurangi aksesibilitas dan mengikis keunggulan kompetitif yang saat ini dimiliki AS. Sementara itu,

ekonomi saingan dengan listrik yang lebih melimpah atau lebih murah - yang paling jelas adalah Tiongkok - akan mendapatkan keuntungan.

Manufaktur yang intensif energi menghadapi dilema yang lebih berat. Tidak seperti pusat data, yang secara teoritis setidaknya, dapat memonetisasi layanan mereka secara global dan membenarkan biaya yang lebih tinggi, para produsen bersaing di pasar internasional di mana marginnya ketat. Kenaikan biaya listrik sebesar 30% menghancurkan sektor-sektor seperti aluminium, baja, kaca, dan semikonduktor. Beberapa mungkin pindah ke luar negeri; yang lain mungkin tutup. Inilah paradoks yang menjadi inti ambisi Menteri. Reindustrialisasi yang ingin didorong oleh kebijakan ini justru dapat dirusak oleh upaya untuk mendukung AI. Pembangunan kapasitas yang terbatas berarti bahwa AI, sebagai sektor yang "tidak sensitif terhadap harga", mengungguli industri tradisional, sehingga menyingkirkan mereka dari pasokan listrik yang terjangkau. Alih-alih kebangkitan industri yang seimbang, AS berisiko mengalami ekonomi yang terpecah dengan kantong-kantong AI yang berkembang pesat dikelilingi oleh basis industri yang terkikis.

Konsumen tidak akan terhindar dari dampaknya. Kenaikan harga grosir secara langsung berdampak pada tarif ritel yang lebih tinggi untuk rumah tangga dan usaha kecil. Bagi rumah tangga berpenghasilan rendah, yang sudah tertekan oleh inflasi, kenaikan tagihan listrik yang berkelanjutan dapat menjadi masalah politik yang eksplosif. Tidak seperti perusahaan AI, rumah tangga tidak dapat melakukan lindung nilai biaya atau pindah. Mereka terikat pada utilitas lokal. Dinamika "Penyakit Belanda" muncul kembali di sini dalam bentuk lain. Ledakan energi yang berorientasi pada AI menyedot sumber daya dari perekonomian yang lebih luas, membuat banyak wilayah menjadi lebih buruk. Komunitas tanpa investasi pusat data atau industri besar mengalami biaya yang lebih tinggi tanpa manfaat yang sepadan, memperdalam ketidaksetaraan geografis, yang sudah menjadi masalah.

Mungkin implikasi sistemik yang paling penting adalah bahwa listrik berhenti menjadi pendorong pertumbuhan dan menjadi hambatan. Selama sebagian besar abad ke-20, AS menikmati pasokan listrik yang melimpah dan murah, yang mendukung statusnya sebagai negara adidaya manufaktur. Visi abad ke-21 tentang kemakmuran yang didorong oleh AI mengasumsikan fondasi yang sama. Namun tanpa kapasitas perusahaan yang memadai, fondasi tersebut akan runtuh. Kelangkaan listrik akan bertindak sebagai pembatas pertumbuhan. Perusahaan AI akan membayar mahal untuk kapasitas, membebankan biaya kepada pelanggan; produsen akan kesulitan bersaing; rumah tangga akan menghadapi reaksi politik; dan janji yang lebih luas tentang "reindustrialisasi yang dipimpin energi" akan terdengar hampa.

4. Pengaruh Rantai Pasokan China

Bahkan jika Amerika Serikat mampu mengatasi hambatan domestiknya dan membangun kapasitas tetap baru sebesar 30–40 GW dalam lima tahun ke depan, tantangannya tidak akan berakhir di situ. Komponen-komponen penting untuk infrastruktur energi modern semakin dikendalikan oleh pemasok asing, khususnya China. Ketergantungan ini memperkenalkan lapisan kerentanan strategis yang memperkuat kendala domestik dan mendorong kenaikan biaya untuk AI dan manufaktur.

China mendominasi segmen-segmen kunci dari rantai pasokan energi global. Dalam produksi baterai, China memproduksi lebih dari 80% sel lithium-ion dan proporsi yang sama tingginya untuk bahan prekursor seperti lithium, kobalt, nikel, dan grafit. Dalam panel surya dan polisilikon, lebih dari 70% produksi polisilikon dan wafer dunia terjadi di China. Adapun transformator dan peralatan HVDC, transformator besar, yang penting untuk menghubungkan generasi baru ke jaringan listrik, memiliki waktu tunggu hingga tiga tahun dan banyak diimpor dari China dan Korea Selatan. Terakhir, dalam hal penempatan nuklir dan komponen reaktor, Tiongkok mengendalikan sebagian besar kapasitas industri berat untuk penempatan baja kelas reaktor, bejana tekan besar, dan komponen kelas nuklir lainnya.

5. Semua Ini Memiliki Implikasi Strategis.

Potensi Tiongkok untuk mengendalikan titik-titik penting ini memberinya bentuk pengaruh yang halus namun ampuh. AS tidak dapat dengan cepat meningkatkan produksi domestik. Mendirikan pabrik sel baru, kilang polisilikon, atau fasilitas penempatan membutuhkan modal bertahun-tahun, tenaga kerja terampil, persetujuan lingkungan, dan pengetahuan industri. Seperti yang telah disebutkan, sebagian besar hal ini tidak tersedia dalam jumlah yang cukup di AS untuk berpengaruh dalam jangka pendek. Sementara itu, Tiongkok dapat memprioritaskan alokasi kapasitasnya ke pasar lain - termasuk negara-negara Inisiatif Sabuk dan Jalan (BRI), Uni Eropa, dan Asia Tenggara - yang secara efektif membatasi ketersediaan untuk proyek-proyek AS.

Tidak seperti larangan ekspor yang terang-terangan, pengaruh ini sebagian besar tidak terlihat sampai harga melonjak atau proyek tertunda. Dengan menyalurkan kapasitas ke luar negeri, Tiongkok meningkatkan biaya dan risiko untuk proyek-proyek energi AS. Akibatnya, bahkan pembangunan domestik "realistis" sebesar 30–40 GW menjadi lebih mahal dan lebih lambat dari yang diantisipasi. Dominasi Tiongkok bukan hanya tentang jangka waktu proyek; hal itu secara langsung memengaruhi biaya. Pasokan transformator, baterai, dan input penting lainnya yang terbatas memungkinkan pemasok global untuk menaikkan harga. Misalnya, waktu tunggu transformator yang melebihi tiga tahun, ditambah dengan meningkatnya permintaan untuk peningkatan jaringan listrik, telah mendorong harga naik sebesar 25–40% dalam beberapa tahun terakhir. Kekurangan baterai juga memperkuat biaya penyimpanan, melemahkan upaya untuk memperkuat energi terbarukan yang bersifat intermiten.

Hal ini memiliki implikasi serius bagi AI Amerika dan ambisi untuk reindustrialisasi. Efek gabungan dari kendala domestik dan internasional adalah bahwa listrik untuk AI dan manufaktur menjadi mahal dan tidak dapat diandalkan. Pusat data AI, yang tidak dapat secara fleksibel mengurangi konsumsi, akan menaikkan biaya, yang selanjutnya akan membebani pengguna industri. Manufaktur yang intensif energi - yang sudah tertekan oleh persaingan global - akan menghadapi harga input yang lebih tinggi, sehingga reindustrialisasi menjadi jauh lebih sulit.

6. Inisiatif Sabuk Dan Jalan Sebagai Penerima Manfaat Tidak Langsung

Meskipun fokus utama kebijakan energi AS adalah perluasan kapasitas domestik, alokasi global kapasitas infrastruktur industri dan energi Tiongkok menciptakan implikasi signifikan bagi AS. Inisiatif Sabuk dan Jalan (BRI) Tiongkok merupakan saluran yang jelas untuk

kapasitas industri Tiongkok. Kita sudah melihat pertumbuhan pesat impor sistem energi terbarukan Afrika, khususnya solusi tenaga surya, dan investasi Tiongkok yang berkelanjutan dalam proyek-proyek BRI kemungkinan akan meningkatkan permintaan output industri Tiongkok di bidang pembangkitan energi.

Melalui BRI, Tiongkok membiayai dan membangun proyek pembangkitan dan transmisi energi di negara-negara peserta, seringkali dengan tarif preferensial dan paket teknologi terpadu. Proyek-proyek ini mempercepat transisi energi di negara-negara BRI, memberi mereka akses ke tenaga listrik yang murah, stabil, dan andal. Pada saat yang sama, kapasitas, material, dan tenaga kerja yang dicurahkan untuk proyek-proyek luar negeri ini, pada dasarnya, merupakan kapasitas yang tidak tersedia untuk pasar AS. Transformator, baterai, panel surya, modul HVDC, dan komponen nuklir adalah sumber daya yang terbatas. Jika China mengalokasikan dana tersebut untuk proyek-proyek BRI, para pengembang AS menghadapi kelangkaan dan biaya yang lebih tinggi.

Efek yang tidak disengaja bersifat ganda. Pertama, ekspansi energi AS diperlambat atau menjadi lebih mahal. Bahkan proyek-proyek yang seharusnya "siap dibangun" mungkin tertunda selama bertahun-tahun karena tekanan rantai pasokan global. Kedua, negara-negara lain mendapat manfaat dari transisi energi yang dipercepat, memperoleh kapasitas daya yang stabil dengan biaya lebih rendah dan memposisikan diri secara kompetitif dalam manufaktur dan pengembangan industri. Sebaliknya, AS mengalami pasokan energi yang terbatas, harga yang lebih tinggi, dan fleksibilitas yang berkurang untuk mendukung AI dan ambisi industri. Singkatnya, Belt and Road berfungsi sebagai saluran pertumbuhan untuk kapasitas ekspansif China. Ini bukan akar penyebab kesulitan energi AS, tetapi memperbesar konsekuensinya. Masalah mendasar tetaplah tantangan domestik untuk menambah 100 GW daya yang stabil dalam jangka waktu yang singkat. BRI hanya menggambarkan biaya peluang yang lebih luas: sementara Amerika berjuang untuk mencapai target ambisinya, negara-negara lain mampu melompat maju menggunakan sumber daya yang mungkin telah membantu ekspansi energi AS.

Seruan Menteri Energi AS untuk mencapai kapasitas daya tetap sebesar 100 GW dalam lima tahun, berdasarkan bukti yang ada, merupakan ambisi yang hampir mustahil. Kendala struktural domestik—mulai dari penundaan perizinan dan regulasi, hingga hambatan pembiayaan, kekurangan tenaga kerja, dan hambatan teknologi—membuat ekspansi 30–40 GW pun sangat menantang. Hambatan ini diperkuat oleh realitas rantai pasokan global. China mendominasi input penting seperti transformator, baterai, panel surya, dan komponen nuklir, yang berarti proyek-proyek AS menghadapi kelangkaan dan biaya yang tinggi. Sementara itu, China dapat mengalokasikan kapasitas industrinya untuk proyek-proyek Inisiatif Sabuk dan Jalan, mempercepat akses energi di luar negeri sambil membiarkan AS berjuang dengan permintaan yang tidak terpenuhi. Hasilnya adalah badai sempurna berupa kapasitas tetap yang terbatas, kenaikan harga listrik, dan distorsi ekonomi regional yang mengingatkan pada efek Penyakit Belanda.

Bagi AI, implikasinya sangat besar. Biaya listrik yang tinggi dan kapasitas yang terbatas akan bertindak sebagai pembatas ambisi AS. Pusat data dan operasi pelatihan sampai batas

tertentu tidak sensitif terhadap harga, tetapi kenaikan biaya operasional pada akhirnya akan dibebankan kepada pelanggan dan dapat memperlambat penyebaran. Sementara itu, Tiongkok, meskipun tertinggal dari AS dalam fabrikasi semikonduktor canggih, dapat mengimbangi kesenjangan perangkat keras ini dengan listrik yang lebih murah dan penyebaran perangkat lunak yang lebih efisien - "perangkat lunak yang lebih cerdas" mengimbangi perangkat keras yang kurang bertenaga. AI sumber terbuka semakin mengurangi hambatan, memungkinkan para pesaing untuk berinovasi tanpa intensitas modal yang dibutuhkan oleh penyebaran skala besar di AS.

Yang penting, kemampuan ekosistem AI AS untuk menyerap biaya listrik yang tinggi saat ini didukung oleh dukungan investor. Banyak perusahaan AI menghabiskan uang tunai untuk meningkatkan skala operasi, mengandalkan aliran modal ventura dan publik yang berkelanjutan. Krisis listrik yang berkepanjangan, dikombinasikan dengan biaya yang meningkat, mengancam untuk mengungkap model bisnis ini. Jika "gelembung AI" runtuh, dampak finansialnya akan bersifat sistemik: Nvidia sendiri menyumbang sekitar 8% dari total kapitalisasi pasar S&P 500 pada akhir tahun 2025, dan runtuhnya perusahaan-perusahaan AI favorit lainnya akan berdampak pada pasar ekuitas, berpotensi menggoyahkan kepercayaan investor secara lebih luas. Ditambah lagi dengan prospek pertumbuhan penjualan Nvidia yang semakin menurun di Tiongkok, maka awan badai pun terlihat di cakrawala.

Efek gabungan ini merupakan peringatan yang menyadarkan bagi Amerika. Dominasi AS dalam AI—apalagi reindustrialisasi yang lebih luas yang didukung oleh listrik murah dan melimpah—tampaknya semakin menjadi aspirasi daripada sesuatu yang dapat dicapai. Target ambisius bertabrakan dengan hambatan struktural domestik, ketergantungan pasokan internasional, dan redistribusi kapasitas global. Tanpa percepatan radikal infrastruktur energi domestik, diversifikasi rantai pasokan, dan pengelolaan risiko keuangan yang cermat, ambisi Amerika yang diumumkan berisiko tetap menjadi fantasi, dibatasi bukan oleh kecerdasan atau kemauan kebijakan, tetapi oleh fisika, ekonomi, dan geopolitik kekuasaan—dan kerapuhan struktur keuangan yang saat ini menopang ekspansi AI.

Sistem energi Amerika telah menunjukkan titik lemahnya. Seruan Menteri Energi AS untuk kapasitas tetap baru sebesar 100 GW dalam lima tahun menggarisbawahi skala tantangannya: AI dan reindustrialisasi tidak dibatasi oleh bakat atau modal, tetapi oleh elektron. Menyediakan kapasitas ini di dalam negeri hampir mustahil dalam jangka waktu saat ini, terutama jika rantai pasokan Tiongkok dikecualikan. Tiongkok mendominasi produksi transformator jaringan, baterai, wafer surya, turbin, dan peralatan transmisi. Dengan diam-diam memprioritaskan proyek-proyek Inisiatif Sabuk dan Jalan dan memasok Uni Eropa, ASEAN, dan negara-negara berkembang, Beijing dapat menolak Amerika sumber daya yang dibutuhkannya tanpa sanksi terbuka. Hasilnya adalah spiral biaya yang menghancurkan: Proyek-proyek AS menghadapi biaya modal 30–50% lebih tinggi, penundaan penyebaran, dan kenaikan harga listrik grosir sebesar 30% atau lebih. AI dan industri menjadi lebih mahal sementara rumah tangga dan bisnis menanggung bebannya. Sementara itu, Tiongkok dapat terus memungkinkan akses ke listrik murah dan AI secara global. Dengan cara ini, bidang strategis semakin menjauh dari AS tanpa konfrontasi - bukan dengan perusahaan-perusahaan

Tiongkok mengungguli laboratorium AI Amerika (meskipun hal ini semakin sering terjadi), tetapi dengan mengendalikan rantai pasokan energi industri.

15.3 KEUNGGULAN CHIP ANALOG AI CHINA

Selain masalah hambatan listrik dan kendala ekspansi, sebagian besar perhatian global telah terfokus pada kinerja GPU digital, tetapi dominasi China yang semakin meningkat dalam desain chip analog dan neuromorfik mungkin merupakan pengungkit strategis yang sebenarnya. Chip analog unggul dalam beban kerja AI industri dan edge, termasuk loop kontrol real-time, visi komputer, dan robotika. Biaya produksinya jauh lebih rendah - biasanya sekitar Rp.5.000.000 per unit dibandingkan dengan Rp.50.000.000 untuk chip digital AS yang sebanding - dan konsumsi energinya per node inferensi jauh lebih rendah (sekitar 1.000 kWh per tahun dibandingkan dengan 5.000 kWh) (Tabel 15.2).

Tabel 15.2 Penyebaran Chip Analog – Otomasi Industri, AS Dan China Dibandingkan

Metrik	AS	Tiongkok
Biaya chip/unit	Rp.50.000.000	\$500
Energi per node/tahun	5.000 kWh	1.000 kWh
Biaya listrik/node/tahun	Rp.6.000.000	Rp.400.000
Skala penyebaran	Terbatas	Ribuan node/pabrik
TCO per node/tahun	Rp.60.000.000	Rp5.400.000

Sederhananya, China dapat mengerahkan ~10 kali lebih banyak node dengan ~1/10 dari TCO, memungkinkan percepatan industri besar-besaran dan integrasi AI ke dalam pabrik, logistik, dan infrastruktur cerdas.

Chip analog berbeda secara fundamental dari sepupu digitalnya. Sementara prosesor digital mengeksekusi operasi logika dengan kecepatan yang luar biasa, mereka tetap tidak berguna kecuali mereka dapat berinteraksi dengan dunia nyata. Interaksi itu bergantung pada perangkat analog: chip yang mengubah cahaya, suara, suhu, dan gerakan menjadi sinyal digital, atau mengkondisikan dan mengirimkan daya yang dibutuhkan untuk menjalankan motor, mengisi daya baterai, dan mengoperasikan sistem komunikasi.

Chip ini tersebar luas. Mereka ditemukan di kendaraan listrik, di mana mereka mengelola sistem baterai, menggerakkan motor, dan memungkinkan komunikasi yang aman dan terisolasi antara subsistem. Mereka tertanam dalam otomasi industri, di mana sensor, aktuator, dan penggerak motor membutuhkan sirkuit analog yang presisi. Mereka mendukung peralatan telekomunikasi dan jaringan, mengubah sinyal dan memastikan pasokan daya yang andal. Dan mereka merupakan bagian integral dari elektronik konsumen dan Internet of Things (IoT), di mana bahkan perangkat terhubung yang paling sederhana pun membutuhkan serangkaian komponen analog. Tidak seperti prosesor kelas atas, chip analog tidak bergantung pada litografi terbaru. Chip analog dapat diproduksi pada jalur produksi "node matang" - 28 nanometer, 40 nanometer, bahkan 90 nanometer dan lebih tinggi. Yang membuat chip analog berharga bukanlah kepadatan transistor, tetapi keahlian desain, keandalan, dan integrasi dengan sistem pengguna akhir. Karena alasan ini, chip analog secara historis merupakan

domain perusahaan khusus dengan pengetahuan yang terakumulasi selama beberapa dekade, seperti Texas Instruments, Analog Devices, dan ON Semiconductor. Pasar chip analog global saat ini bernilai sekitar Rp.900 triliun–1 kuadriliun per tahun, yang menyumbang 12 hingga 16% dari total pendapatan semikonduktor. Meskipun lebih kecil dalam nilai dolar dibandingkan memori atau logika, namun tetap merupakan pangsa yang substansial. Yang terpenting, pasar ini juga siap untuk ekspansi jangka panjang yang stabil.

Tiga pendorong struktural menonjol. Pertama, elektrifikasi transportasi. Kendaraan listrik mengandung dua hingga tiga kali lipat kandungan semikonduktor analog dan daya dibandingkan kendaraan bermesin pembakaran internal tradisional. Seiring percepatan adopsi kendaraan listrik (EV), permintaan akan chip manajemen baterai, penggerak gerbang, IC konversi daya, dan transceiver jaringan otomotif akan tumbuh secara proporsional. Kedua, digitalisasi industri. Pabrik, pusat logistik, dan infrastruktur perkotaan semakin dilengkapi dengan sensor, perangkat terhubung, dan sistem kontrol otomatis. Setiap penerapan memperluas basis terpasang komponen analog. Yang penting, begitu pelanggan industri memvalidasi chip pemasok untuk keamanan dan keandalan, mereka enggan untuk beralih. Hasilnya adalah siklus hidup produk yang panjang dan pendapatan berulang. Ketiga, Internet of Things (IoT). Terlepas dari bertahun-tahun hype, IoT masih dalam tahap awal. Puluhan miliar perangkat dibayangkan, tetapi hanya sebagian kecil yang telah diterapkan. Setiap node IoT membutuhkan front-end analog, konverter, amplifier, dan regulator daya. Seiring matangnya IoT, konten analog akan berlipat ganda, menyediakan mesin pertumbuhan yang berkelanjutan selama beberapa dekade.

Sederhananya, sektor analog mewakili lapisan substrat ekonomi digital. Prosesor kelas atas mungkin menjadi berita utama, tetapi tanpa infrastruktur analog, mereka tidak dapat berfungsi di dunia fisik yang rumit. Dari perspektif Beijing, pasar analog menarik justru karena sangat penting dan mudah diakses. Bersaing langsung dengan perusahaan AS dan Taiwan di garis depan logika digital tetap menjadi tantangan yang berat, dibatasi oleh kontrol ekspor, litografi ultraviolet ekstrem, dan perusahaan mapan. Ekosistem Tiongkok masih dalam mode mengejar ketertinggalan, meskipun adil untuk mengatakan bahwa untuk saat ini, Tiongkok telah melewati badai. Namun, semikonduktor analog adalah cerita yang berbeda.

Produksi analog tidak memerlukan pabrik fabrikasi tercanggih di dunia. Produksi dapat dilakukan pada node yang sudah matang, di mana Tiongkok sudah memiliki kapasitas manufaktur yang signifikan di perusahaan seperti Hua Hong dan SMIC. Pada tingkat desain, perusahaan Tiongkok seperti SG Micro, GigaDevice, dan Will Semiconductor sedang meningkatkan kemampuan dalam manajemen daya, antarmuka otomotif, dan integrasi sensor. Hambatan teknologi memang nyata - desain analog sama pentingnya dengan seni dan sains - tetapi hambatan tersebut lebih rendah daripada hambatan yang dihadapi untuk memasuki persaingan 2 nanometer.

Hal ini menciptakan keuntungan penting. Di dalam negeri, Tiongkok dapat mempercepat otomatisasi industri berbasis AI dalam skala besar. Ribuan node per pabrik dapat dikerahkan dengan biaya yang jauh lebih rendah, memungkinkan jaringan manufaktur dan logistik cerdas berskala luas. Sebaliknya, AS, yang dibatasi oleh biaya chip dan energi yang

lebih tinggi, hanya dapat mengerahkan node dalam jumlah terbatas, sehingga membatasi adopsi AI industri. Misalnya, selama lima tahun, kluster AI industri AS biasanya dapat mencapai 1.600 node, sementara Tiongkok dapat mengerahkan hampir 38.000 node di berbagai pabrik, yang akan meningkatkan dampak teknologi dan daya ungkit ekonomi.

15.4 KO-OPTIMASI PERANGKAT KERAS - LUNAK

Perangkat keras saja tidak cukup untuk memenangkan perlombaan AI. Kerangka kerja perangkat lunak, optimasi model, dan desain bersama antara chip dan beban kerja komputasi sama pentingnya. Perusahaan-perusahaan Tiongkok telah berinvestasi besar-besaran dalam ko-optimasi perangkat keras-perangkat lunak, memungkinkan chip analog dan digital yang kurang efisien untuk mencapai throughput yang sebanding dengan GPU kelas atas AS. Tiongkok membuat kemajuan signifikan dalam ko-optimasi perangkat keras-perangkat lunak untuk meningkatkan kemampuan AI-nya. Sinergi ini sangat menonjol dalam otomatisasi industri, di mana efisiensi energi, latensi, dan integrasi dengan sensor dunia nyata sangat penting.

Contoh yang patut diperhatikan adalah pengembangan seri chip AI Ascend oleh Huawei, yang dilengkapi dengan tumpukan perangkat lunak CANN (Compute Architecture for Neural Networks). Huawei baru-baru ini mengumumkan rencana untuk menjadikan CANN sebagai sumber terbuka, bertujuan untuk menantang dominasi NVIDIA di pasar akselerator AI. Contoh lain adalah rilis model bahasa besar DeepSeek, DeepSeek-V3.2-Exp, yang dioptimalkan untuk chip dan perangkat lunak asli Tiongkok. Model ini mendukung akselerator domestik seperti NPU Ascend milik Huawei dan MLU milik Cambricon, yang menunjukkan dorongan Tiongkok untuk kedaulatan AI dengan memprioritaskan perangkat keras domestik dalam pengembangan AI mutakhir.

Inisiatif ini mencerminkan fokus strategis Tiongkok pada integrasi pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengurangi ketergantungan pada teknologi asing dan memperkuat posisinya dalam lanskap AI global. Pada intinya, penerapan di Tiongkok dapat memberikan daya komputasi per dolar yang disesuaikan dengan energi 2–3 kali lipat dibandingkan dengan alternatif AS. Ini adalah keunggulan struktural yang berlipat ganda dari waktu ke waktu, terutama seiring peningkatan skala.

15.5 UNSUR TANAH JARANG

Di luar energi dan chip, dominasi Tiongkok dalam unsur tanah jarang dan input fabrikasi penting mendukung keunggulan yang lebih luas. Sementara AS tetap bergantung pada bahan impor untuk GPU dan baterai berkapasitas tinggi, Tiongkok mempertahankan pasokan domestik yang aman. Hal ini tidak hanya mengurangi volatilitas biaya tetapi juga memastikan bahwa penerapan AI dan otomatisasi industri skala besar terlindungi dari guncangan global. Seiring dengan meningkatnya permintaan global untuk akselerator AI, baterai, dan robotika, AS mungkin menghadapi hambatan pasokan yang sebagian besar dapat dihindari oleh perusahaan Tiongkok.

Pada Oktober 2025, Tiongkok mengumumkan perluasan kontrol ekspor terhadap unsur tanah jarang, menambahkan lima material baru ke daftar terbatasnya dan mewajibkan lisensi ekspor untuk barang apa pun yang mengandung unsur tanah jarang asal Tiongkok. Kontrol ini menargetkan material penting yang dibutuhkan untuk manufaktur semikonduktor, termasuk disprosium, terbium, dan yttrium. Mengingat dominasi Tiongkok dalam pengolahan logam tanah jarang—yang mencakup sekitar 90% dari kapasitas global—langkah-langkah ini dapat mengganggu rantai pasokan produsen mikroprosesor AS jika digunakan untuk tujuan yang tidak sesuai. Penggunaan militer pada prinsipnya tidak diizinkan, dan penggunaan ganda akan memerlukan penerapan dan penyelesaian berdasarkan kasus per kasus. Perusahaan yang bergantung pada material ini mungkin menghadapi penundaan produksi dan peningkatan biaya, yang berpotensi memengaruhi pengiriman tepat waktu chip canggih yang digunakan di sektor AI, pertahanan, dan elektronik konsumen.

15.6 MODEL AI DALAM KONTAINER DAN SUMBER TERBUKA

Mungkin perkembangan yang paling mencolok adalah munculnya sistem AI berbasis kontainer yang memanfaatkan model sumber terbuka. Perusahaan-perusahaan Tiongkok mengemas tumpukan AI - komputasi, perangkat lunak, energi, dan komunikasi - ke dalam solusi siap pakai yang dapat diterapkan di wilayah dengan infrastruktur lokal minimal. Solusi ini dapat menjangkau negara-negara berkembang secara langsung, mengurangi ketergantungan pada layanan cloud berbasis AS dan model kepemilikan.

Tiongkok membuat kemajuan signifikan dalam menerapkan solusi AI melalui sistem plug-and-play berbasis kontainer, yang bertujuan untuk menyediakan infrastruktur AI yang mudah diakses dan terukur. Misalnya, penerapan model Qwen-VL-Chat oleh Alibaba Cloud menunjukkan bagaimana aplikasi AI dapat dengan cepat disiapkan menggunakan lingkungan berbasis kontainer, memfasilitasi penerapan dan manajemen yang efisien. Selain itu, kontribusi Huawei kepada Cloud Native Computing Foundation, termasuk donasi Volcano untuk penjadwalan beban kerja AI berkinerja tinggi dan KubeEdge untuk penerapan kontainer AI di edge, menyoroti upaya untuk merampingkan infrastruktur AI dan meningkatkan fleksibilitas penerapan. Inisiatif-inisiatif ini mencerminkan fokus strategis Tiongkok pada integrasi pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengurangi ketergantungan pada teknologi asing dan memperkuat posisinya dalam lanskap AI global.

Implikasinya sangat signifikan. Model AI milik AS, yang dulunya merupakan sumber pendapatan dan pengaruh utama, semakin tergerus oleh tumpukan sumber terbuka plug-and-play yang terintegrasi sepenuhnya dengan infrastruktur energi dan komunikasi lokal. Akibatnya, perusahaan-perusahaan AS mungkin semakin bersaing dengan penyedia Eropa dan sumber terbuka untuk mendapatkan pengaruh di pasar tradisional, daripada menikmati dominasi melalui teknologi milik sendiri.

15.7 DINAMIKA ARUS KAS DAN REINVESTASI

Implikasi keuangan memperkuat tantangan struktural. Perusahaan-perusahaan Tiongkok, yang memperoleh margin lebih tinggi dari energi dan perangkat keras berbiaya

rendah, dapat berinvestasi secara agresif dalam chip generasi berikutnya, optimasi perangkat lunak, dan penerapan AI industri. Sebaliknya, perusahaan-perusahaan AS, yang menghadapi peningkatan biaya operasional, kerapuhan rantai pasokan, dan erosi keunggulan kompetitif model dasar, mungkin mengalami penurunan margin, yang membatasi reinvestasi dan inovasi.

Saat perusahaan AI Tiongkok memanfaatkan biaya energi yang lebih rendah, produksi chip domestik, dan optimasi bersama perangkat lunak-perangkat keras untuk menghadirkan AI dengan total biaya yang lebih rendah, perusahaan-perusahaan AS menghadapi margin yang semakin tertekan. Biaya listrik yang tinggi, komponen impor yang mahal, dan skala penerapan yang terbatas mengurangi profitabilitas per model atau per penerapan, sehingga membatasi kas yang tersedia untuk reinvestasi dalam penelitian generasi berikutnya. Tekanan keuangan ini diperparah oleh erosi keunggulan kompetitif model dasar yang bersifat eksklusif, karena tumpukan AI sumber terbuka dan berbasis kontainer dari Tiongkok dan mungkin bahkan Eropa merebut pasar yang dulunya diperkirakan akan menguntungkan hingga masa depan.

Margin keuntungan yang rendah membatasi kemampuan perusahaan AS untuk mendanai inisiatif R&D jangka panjang, bereksperimen dengan arsitektur baru, atau meningkatkan skala aplikasi AI industri baru. Seiring waktu, ini menciptakan kerugian yang saling memperkuat: keuntungan yang lebih rendah mengurangi investasi ulang, yang memperlambat inovasi, dan selanjutnya mengikis posisi kompetitif relatif terhadap perusahaan Tiongkok yang menikmati biaya operasional yang lebih rendah dan arus kas yang lebih tinggi untuk pengembangan berkelanjutan.

15.8 IMPLIKASI BAGI INDUSTRI AI AS

Efek kumulatif dari faktor-faktor ini sangat mencolok. Meningkatnya biaya energi dan operasional membatasi skala kompetitif di pusat data AS dan penerapan industri. Kendala skalabilitas perangkat keras dan biaya per unit yang lebih tinggi mengurangi daya saing GPU digital AS dibandingkan dengan chip analog dan chip yang dioptimalkan bersama dari Tiongkok. Paparan rantai pasokan meningkatkan kerentanan terhadap guncangan geopolitik dan volatilitas harga. Kepemimpinan otomatisasi industri bergeser ke arah Tiongkok, dengan penyebaran luas chip AI analog yang mempercepat transformasi digital industri. Erosi model dasar melalui tumpukan AI sumber terbuka dan plug-and-play mengurangi aliran pendapatan dan pengaruh AS di pasar negara berkembang. Kesenjangan investasi ulang membatasi inovasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak AI generasi berikutnya.

Jika tren saat ini berlanjut, AS mungkin akan mendapati dirinya bersaing terutama dengan Eropa dan ekosistem sumber terbuka untuk mendapatkan pengaruh dalam adopsi AI global, daripada langsung dengan Tiongkok. Keunggulan awal yang dimilikinya, meskipun menarik perhatian media, dapat berujung pada berkurangnya pengaruh strategis jangka panjang. Tabel 15.3 merangkum evaluasi komparatif lintasan di berbagai lapisan ekosistem untuk ekosistem AI AS dan Tiongkok.

Tabel 15.3 Skenario Berlapis: AS dan Tiongkok

Lapisan	Tren di AS	Tren Tiongkok
Pelatihan AI Digital	Biaya energi meningkat 10–15%; ekspansi skala terbatas	Biaya energi stabil/menurun; peningkatan efisiensi chip yang moderat
AI Analog/Edge	Adopsi lambat; TCO tinggi membatasi skala	Adopsi cepat; penyebaran yang murah dan terukur
Rantai Pasokan	Rentan terhadap gangguan pasokan bahan tanah jarang/material; perlambatan produksi 5–10%	Pasokan domestik yang aman; gangguan minimal
Arus Kas	Margin menurun; investasi ulang terbatas	Margin yang meningkat; keunggulan skala semakin besar

Secara kuantitatif, tidak berlebihan untuk mengatakan bahwa hasilnya bisa jadi output agregat yang disesuaikan dengan energi per dolar yang diinvestasikan akan membuat China kemungkinan 2–3 kali lipat AS pada Tahun ke-5. Sedangkan untuk penyebaran node AI industri, China melampaui AS sekitar ~5 – 10 kali lipat node. Dan, dalam hal arus kas kumulatif, reinvestasi China dalam perangkat keras/perangkat lunak melebihi AS lebih dari 50%, yang semakin memperlebar kesenjangan tersebut.

15.9 KURA-KURA MELAMPAUI KELINCI

Kisah perlombaan global AI bergeser dari kecepatan ke keberlanjutan, integrasi, dan efisiensi sistemik. Sementara sektor AS melaju kencang, Tiongkok diam-diam telah membangun ekosistem AI yang berlapis, tangguh, dan hemat biaya. Keunggulannya tertanam dalam arbitrase energi, keamanan rantai pasokan, dominasi chip analog, dan integrasi sumber terbuka yang menjangkau negara-negara berkembang.

Dalam dongeng klasik, Kelinci cepat tetapi terlalu percaya diri, sementara Kura-kura bergerak dengan hati-hati dan mantap, akhirnya memenangkan perlombaan. Dalam lanskap AI saat ini, Tiongkok mewujudkan Kura-kura. Posisinya tidak dibangun hanya berdasarkan berita utama atau kecepatan, tetapi berdasarkan rekayasa yang cermat, optimalisasi biaya, dan pandangan strategis ke depan. AS, meskipun telah melaju kencang di awal, kini menghadapi perlombaan di mana mengejar ketertinggalan mungkin memerlukan intervensi struktural dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya di bidang energi, penerapan AI industri, dan manufaktur mikroprosesor. Ini adalah tantangan yang bersifat politis sekaligus teknis.

Lanskap persaingan kemungkinan akan ditandai oleh sejumlah parameter kunci. Perluasan peran model sumber terbuka yang berkelanjutan. Perusahaan-perusahaan Tiongkok akan terus merilis model yang terintegrasi ke dalam tumpukan plug-and-play, mengurangi ketergantungan pada model dasar milik AS. Pada saat yang sama, solusi AI Turki akan semakin umum, terutama untuk negara-negara berkembang. Seperti yang ditunjukkan oleh perkembangan terkini, tumpukan AI dapat dikontainerisasi dengan sistem energi tertanam dan susunan komunikasi, yang diterapkan tanpa infrastruktur pusat data skala besar. Bagi AS, ini berarti pendapatan model berpemilik menghadapi risiko erosi, sementara margin perangkat keras dan perangkat lunak tertekan. Dinamika ini semakin memperburuk pengaruh

keseluruhan terhadap penerapan AI industri, mempercepat hilangnya potensi dominasi pasar AS baik dalam AI berbasis cloud maupun otomatisasi industri.

15.10 RINGKASAN

Dalam istilah SEV, nilai muncul dari energi surplus (Energi Tersedia dalam Potensi, atau AEP), yang dioptimalkan melalui EROEI tinggi baik dalam produksi maupun penggunaan, sementara informasi bertindak sebagai kekuatan negentropik untuk mengurangi entropi (ketidakteraturan) dan meningkatkan efisiensi sistemik. Sistem sosio-ekonomi adalah sirkuit transformasi energi dalam fluks dialektik abadi: entropi mendorong degradasi, tetapi optimasi informasi adaptif melawannya untuk memperluas AEP dan mempertahankan kelimpahan.

Bab ini mengilustrasikan pendekatan Tiongkok sebagai negentropik dan secara termodinamika positif dalam kerangka SEV. Meskipun tertinggal dalam semikonduktor terdepan, ekosistem full-stack Tiongkok mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, input energi, dan rantai pasokan domestik untuk mencapai komputasi yang disesuaikan dengan energi per dolar yang unggul (2-3x lebih baik), biaya inferensi yang jauh lebih rendah (seringkali 2-10% dari tingkat AS), dan output agregat yang lebih tinggi. Hal ini berakar dari ko-optimasi yang menghasilkan $EROEI_u$ efektif yang lebih tinggi melalui daya industri yang murah, penskalaan AI analog/industri, difusi sumber terbuka, dan sirkulasi nilai guna yang tangguh. Strategi "kura-kura" Tiongkok memprioritaskan pengurangan entropi sistemik melalui peningkatan efisiensi yang pragmatis dan terbatas, meningkatkan AEP, memungkinkan reinvestasi, dan mendorong kelimpahan dalam aplikasi industri dan pasar negara berkembang.

Sebaliknya, bab ini juga menunjukkan lintasan AS yang semakin entropik dan secara termodinamika negatif. AI AS, yang didorong oleh imperatif kapitalis dan pengejaran AGI metafisik, menuntut peningkatan throughput energi/material (lonjakan daya pusat data yang besar, ketergantungan pada unsur tanah jarang, dan tekanan jaringan) yang seringkali melebihi tatanan negentropik yang diciptakan, sehingga melanggar ambang batas "kelayakan informasi" di mana biaya energi marjinal menghasilkan lebih banyak kekacauan daripada optimasi. Hal ini termanifestasi dalam gelembung keuangan (saham AI menopang pasar tanpa ROI yang luas), hambatan material, dan pergeseran budaya menuju kebisingan/hiburan daripada sinyal. Alih-alih meningkatkan EROEI dan AEP sistemik, hal itu justru mempercepat entropi: merusak jaringan listrik, menggembungkan modal fiktif yang terlepas dari nilai guna sebenarnya, dan berisiko menyebabkan kekakuan atau keruntuhan sistemik.

Secara keseluruhan, analisis ini menyiratkan bahwa dalam paradigma SEV, jalur AI China yang berorientasi ekosistem, arbitrase biaya, dan meminimalkan entropi selaras dengan kesehatan termodinamika, menghasilkan potensi surplus energi yang lebih tinggi, sirkulasi yang tangguh, dan vitalitas kompetitif melalui persaingan dan alternatif. Model AS yang mendorong inovasi dan intensif sumber daya berisiko mengalami maladaptasi: penguncian EROEI rendah, disipasi entropi, dan erosi AEP kecuali jika secara struktural diarahkan kembali ke arah efisiensi dan integrasi. Hal ini meng foreshadow potensi pergeseran kepemimpinan sistemik global menuju aktor yang paling mampu mengelola dialektika optimasi entropi dalam persaingan teknologi yang didorong oleh AI.

BAB 16

REZIM AKUMULASI SEV

16.1 PENDAHULUAN

Jika bab sebelumnya membahas detail satu sektor spesifik - AI - dan menyajikan analisis komparatif berbasis SEV tentang dua jalur yang berkembang, bab ini mengembangkan teori material-institusional ekonomi politik komparatif yang berlandaskan konsep *rezim akumulasi SEV*. Bab ini berpendapat bahwa stabilitas rezim jangka panjang bergantung pada kapasitas institusional untuk mengubah ekspansi likuiditas menjadi peningkatan EROEI sistemik, bukan menjadi akumulasi modal fiktif. Surplus energi yang tumbuh mendukung ekonomi fundamental - utilitas, transportasi, perumahan, kesehatan, dan infrastruktur kehidupan sehari-hari lainnya - sementara ekspansi likuiditas yang terfinansialisasi memisahkan klaim nilai tukar dari throughput material. Dengan menerapkan kerangka kerja ini secara komparatif, artikel ini membandingkan rezim Amerika Serikat yang semakin terfinansialisasi, yang ditandai dengan penurunan EROEI marjinal dalam ekstraksi bahan bakar fosil dan hambatan infrastruktur, dengan alokasi likuiditas yang diarahkan negara China untuk pembaruan sistem infrastruktur dan energi. Data empiris mengungkapkan bahwa EROEI minyak serpih AS telah turun menjadi sekitar 5-10:1, berkontribusi pada kenaikan biaya energi dan tekanan jaringan listrik, sementara kapasitas energi terbarukan Tiongkok tumbuh sebesar 900 GW dari tahun 2020-2024, mendukung penyediaan dasar yang lebih luas. Perbedaan ini memiliki implikasi mendalam bagi penyediaan dasar, stabilitas penyelesaian sosial, dan ketahanan sistemik jangka panjang.

Ekonomi politik komparatif telah lama menganalisis rezim akumulasi dalam hal institusi, kompromi kelas, dan hierarki internasional. Namun, satu dimensi mendasar seringkali kurang diteorikan: basis energi dari akumulasi. Ekonomi modern bukan hanya sistem pertukaran dan kredit; mereka adalah sistem konversi energi. Nilai tukar pada akhirnya bergantung pada kapasitas untuk memobilisasi surplus energi. Bab ini mengembangkan konsep *rezim akumulasi SEV*, dengan memanfaatkan wawasan Sekolah Regulasi sambil menanamkannya dalam kerangka kerja yang secara eksplisit bersifat energik. Klaim utamanya adalah bahwa stabilitas rezim bergantung pada keselarasan kelembagaan antara ekspansi likuiditas dan pembaruan EROEI sistemik. Di mana likuiditas diarahkan untuk peningkatan infrastruktur dan peningkatan sistem energi, klaim nilai tukar tetap berlandaskan material. Di mana likuiditas terutama menggembungkan harga aset dan klaim keuangan, modal fiktif berkembang sementara basis energi stagnan atau terkikis.

Perbedaan ini memiliki implikasi langsung terhadap apa yang diidentifikasi oleh para sarjana Ekonomi Fundamental sebagai infrastruktur kehidupan sehari-hari. Surplus energi yang meningkat mendukung utilitas, transportasi, perumahan, dan penyediaan sosial yang andal. Stagnasi energi yang dikombinasikan dengan finansialisasi melemahkannya. Misalnya, *ekonomi fundamental*, seperti yang dikonseptualisasikan oleh Karel Williams dan rekan-rekannya, di Universitas Manchester, mencakup sektor-sektor penting seperti utilitas,

transportasi, dan kesehatan yang menyediakan basis material untuk reproduksi sosial, mempekerjakan sekitar 40% tenaga kerja di negara-negara maju dan menyumbang sebagian besar pengeluaran rumah tangga. Bab ini memformalkan argumen ini dan menerapkannya secara komparatif ke Tiongkok dan Amerika Serikat, menggabungkan data empiris tentang tren EROEI, investasi infrastruktur, dan dampak rumah tangga untuk mengilustrasikan perbedaan rezim.

16.2 TEORI REGULASI DAN EKONOMI FUNDAMENTAL

Kerangka kerja ini dibangun di atas dan memperluas tradisi-tradisi utama dalam ekonomi politik. Sekolah *Regulasi* Prancis, yang berasal dari tahun 1970-an dengan para sarjana seperti Alain Lipietz dan Robert Boyer, menekankan rezim akumulasi sebagai konfigurasi produksi, konsumsi, dan dukungan kelembagaan yang spesifik secara historis yang memastikan pertumbuhan kapitalis yang stabil. Rezim-rezim ini distabilkan oleh mode regulasi - norma, hukum, dan lembaga yang menengahi konflik kelas dan mengkoordinasikan aktivitas ekonomi. Namun, Teori *Regulasi* sering memperlakukan energi sebagai faktor sekunder, lebih berfokus pada hubungan upah dan manajemen permintaan di bawah Fordisme dan pasca-Fordisme.

Pendekatan sistem dunia Giovanni Arrighi melengkapi hal ini dengan menyoroti siklus akumulasi dan pergeseran hegemoni yang panjang, di mana finansialisasi menandai jatuhnya siklus hegemoni, seperti yang terlihat dalam transisi AS dari dominasi industri ke pertumbuhan yang dipimpin oleh keuangan. Arrighi mengaitkan hal ini dengan hierarki global, tetapi meremehkan landasan energi dari siklus-siklus ini, seperti peran bahan bakar fosil dalam memungkinkan hegemoni AS pasca-Perang Dunia II. Seperti yang jelas sejak awal, kita berhutang budi kepada Arrighi.

Perspektif *Ekonomi Fundamental* menggeser fokus ke ekonomi "sehari-hari" barang dan jasa penting - utilitas, perumahan, kesehatan, pendidikan, dan makanan - yang menopang kehidupan sehari-hari. Tidak seperti sektor-sektor kompetitif, aktivitas fundamental terlindungi, kolektif, dan berakar di suatu tempat, dengan keberhasilan diukur berdasarkan hasil sosial daripada hanya profitabilitas. Contohnya termasuk Layanan Kesehatan Nasional Inggris atau sistem air kota, di mana privatisasi sering menyebabkan kurangnya investasi dan degradasi layanan.

Dengan mengintegrasikan hal-hal ini, kerangka kerja SEV menanamkan rezim Regulasional dan siklus Arrighian dalam basis energi-material, dengan berargumen bahwa surplus energi adalah penjamin utama penyediaan fundamental. Ekstensi ini memungkinkan analisis komparatif yang mengungkapkan bagaimana dinamika energi berinteraksi dengan bentuk-bentuk kelembagaan untuk menghasilkan divergensi rezim, dengan implikasi terhadap ketahanan di era kendala ekologis.

16.3 EROEI DAN LANDASAN MATERIAL AKUMULASI

EROEI mengukur rasio energi yang dapat digunakan yang diperoleh relatif terhadap energi yang dibutuhkan untuk ekstraksi dan pengirimannya. Ini sering diperlakukan sebagai

metrik fisik semata, tetapi memiliki konsekuensi makroekonomi. Kapitalisme industri dibangun di atas bahan bakar fosil dengan EROEI yang sangat tinggi. Ekstraksi minyak konvensional awal di Amerika Serikat menghasilkan pengembalian energi melebihi 100:1. Lapisan batubara melimpah dan mudah diakses. Kondisi ini menghasilkan surplus energi yang sangat besar, memungkinkan ekspansi industri, urbanisasi, dan kepadatan infrastruktur.

EROEI tidak bergantung pada sumber energi. Pengembalian yang tinggi secara historis diperoleh dari bahan bakar yang intensif karbon. Di wilayah di mana cadangan fosil yang mudah diakses masih ada, EROEI yang tinggi masih dapat dicapai. Isu analitisnya bukanlah preferensi moral tetapi surplus sistemik. Perkiraan terbaru menunjukkan bahwa EROEI minyak global telah menurun dari puncaknya sebesar 50:1 pada tahun 1930-an-40-an menjadi sekitar 15:1 pada tahun 2018, dan diproyeksikan akan turun menjadi 5:1 pada tahun 2050. Untuk minyak serpih AS, EROEI berkisar antara 4-30:1, dengan banyak operasi berada di ujung bawah (sekitar 5-10:1), yang mencerminkan input energi yang tinggi untuk fracking dan penipisan sumur yang cepat.

Seiring penurunan EROEI agregat, sebagian besar sumber daya sosial harus dialokasikan untuk ekstraksi energi itu sendiri. Surplus yang tersedia untuk sektor non-energi - manufaktur, jasa, perawatan, dan barang publik - menyusut. Jika klaim moneter terus meningkat sementara surplus energi stagnan, ketidakseimbangan struktural muncul antara nilai tukar dan kapasitas material. Misalnya, di AS, energi yang dibutuhkan untuk produksi cairan minyak diperkirakan akan meningkat secara eksponensial, dengan EROEI rata-rata tertimbang mencapai titik jenuh 6,7:1.

16.4 ALOKASI LIKUIDITAS DAN DUA SIRKUIT AKUMULASI

Ekonomi modern beroperasi melalui penciptaan kredit endogen. Ekspansi likuiditas tidak selalu bersifat destabilisasi; efek sistemiknya bergantung pada alokasi. Dua sirkuit dapat dibedakan:

- Sirkuit produktif: Likuiditas membiayai infrastruktur, peningkatan industri, dan pembaruan sistem energi. EROEI sistemik meningkat atau stabil. Produktivitas meningkat. Pendapatan riil tumbuh. Reproduksi laba tetap berlandaskan material; dan
- Sirkuit fiktif: Likuiditas mengalir ke pasar aset—real estat, ekuitas, pembiayaan dengan leverage. Harga aset meningkat. Neraca keuangan meluas. Klaim nilai tukar berlipat ganda tanpa peningkatan yang sesuai pada throughput energi.

Pada sirkuit pertama, ekspansi moneter memperkuat reproduksi material. Pada sirkuit kedua, klaim keuangan terlepas dari basis energi. Sirkuit mana yang mendominasi bergantung pada struktur kelembagaan: sistem perbankan, kerangka peraturan, distribusi pendapatan, dan penyelesaian politik. Di AS, metrik finansialisasi menunjukkan utang rumah tangga mencapai 570% dari PDB dan utang publik sebesar Rp.380 kuadriliun, dengan harga aset melampaui peningkatan produktivitas. Hal ini mencerminkan dominasi sirkuit fiktif, di mana pertumbuhan utang telah melampaui investasi dengan rasio 2:1 sejak tahun 2000.

16.5 PENYELESAIAN POLITIK DAN INERSIA ENERGI

Rezim akumulasi dipertahankan oleh penyelesaian politik - koalisi yang membentuk alokasi modal dan prioritas regulasi. Dalam istilah SEV, penyelesaian politik dapat diklasifikasikan berdasarkan orientasinya terhadap pembaruan EROEI. Koalisi *transformatif* mendukung realokasi ke sektor-sektor dengan pengembalian yang meningkat dan peningkatan infrastruktur. Koalisi *inersia* mempertahankan sektor-sektor lama bahkan ketika pengembalian energinya menurun. Struktur politik teritorial penting. Wilayah yang bergantung pada industri ekstraktif atau intensif karbon mungkin menolak transisi. Ketika wilayah-wilayah tersebut memiliki kekuatan veto yang tidak proporsional, realokasi sistemik melambat.

Dalam konteks seperti itu, ekspansi likuiditas seringkali menjadi defensif: mempertahankan neraca yang ada daripada membiayai transformasi struktural. Misalnya, kebijakan AS telah mensubsidi shale meskipun EROEI-nya rendah, dengan tingkat penurunan yang membutuhkan pengeboran terus menerus dan reinvestasi hingga 50% dari modal ke dalam ekstraksi.

16.6 FINANSIALISASI DAN PENURUNAN EROEI MARJINAL

Dominasi Amerika Serikat pada abad ke-20 bertumpu pada kelimpahan energi yang luar biasa. Namun, lintasan kontemporer mencerminkan meningkatnya ketegangan antara ekspansi keuangan dan pembaruan energi.

Minyak serpih menggambarkan dilema tersebut. Hidrokarbon tetap melimpah dalam istilah geologis, tetapi ekstraksi marjinal membutuhkan peningkatan input energi. Tingkat penurunan sangat curam; pengeboran terus menerus diperlukan untuk mempertahankan produksi. Setiap barel tambahan mewujudkan pengembalian energi bersih yang lebih rendah. Produksi minyak serpih AS mencapai puncaknya sekitar tahun 2025, dengan perkiraan EROEI serendah 2-5:1 jika termasuk biaya siklus hidup penuh.

Dengan demikian, meskipun produksi kotor mungkin tetap tinggi, tren EROEI agregat menurun. Lebih banyak modal dan energi harus diinvestasikan kembali ke dalam ekstraksi itu sendiri.

Secara bersamaan, ekspansi likuiditas di AS semakin mengalir ke pasar keuangan. Valuasi ekuitas, harga real estat, dan pembelian kembali perusahaan telah menyerap volume kredit yang besar. Pertumbuhan harga aset telah melampaui pertumbuhan upah rata-rata dan peningkatan produktivitas. Finansialisasi AS terlihat jelas dalam metrik seperti indeks tekanan keuangan yang menggabungkan spread kredit dan valuasi aset, dengan utang yang dipegang oleh publik sebesar Rp.283 kuadriliun (98% dari PDB) pada tahun 2024. Perbedaan ini mencerminkan dominasi sirkuit fiktif, di mana ekuitas swasta dan dana lindung nilai memperoleh biaya sambil berkinerja buruk dibandingkan indeks, memperburuk ketidaksetaraan.

1. Sistem Kelistrikan Sebagai Rantai Pasokan Bersarang

Infrastruktur listrik memberikan ilustrasi konkret tentang interaksi energi dan kelembagaan. Sistem kelistrikan adalah rantai pasokan bersarang dalam pengertian Sraffian.

Pembangkitan bergantung pada turbin, transformator, saluran transmisi, gardu induk, dan bahan hulu seperti tembaga dan silikon. Hambatan di setiap simpul meningkatkan biaya di seluruh sistem. Amerika Serikat menghadapi kendala hulu dalam produksi transformator dan perluasan transmisi. Proses perizinan lambat. Peningkatan jaringan tertinggal dari peningkatan permintaan. Pusat data saja dapat melipatgandakan permintaan listrik menjadi 325-580 TWh pada tahun 2028, membebani jaringan di wilayah seperti Virginia utara. Permintaan listrik AS meningkat 2,1% pada tahun 2025, didorong oleh pusat data dan elektrifikasi, tetapi investasi jaringan listrik tertinggal, dengan lebih dari 2.500 GW dalam antrian koneksi.

Sementara itu, permintaan listrik dari pusat data berbasis AI meningkat tajam. Pusat data mewakili pertumbuhan beban yang terkonsentrasi dan padat modal yang mampu mengalahkan pengguna industri tradisional dalam hal kapasitas. Pada tahun 2035, pusat data AI dapat membutuhkan 123 GW, naik dari 4 GW pada tahun 2024.

Hasilnya adalah tekanan struktural yang dibuktikan dengan kenaikan harga grosir - naik 267% di daerah yang banyak terdapat pusat data sejak tahun 2020 - peningkatan biaya untuk industri yang padat listrik, tagihan utilitas rumah tangga yang lebih tinggi, dengan tarif perumahan naik 30% sejak tahun 2020 dan saldo tunggakan naik 32% menjadi rata-rata Rp.7.890.000, dengan potensi penggusuran sektor-sektor lama. Dinamika ini menyerupai penyakit Belanda internal, di mana infrastruktur AI yang padat modal mengalihkan sumber daya energi dari sektor-sektor yang secara historis produktif.

2. Ekonomi Fundamental Yang Tertekan

Literatur Ekonomi Fundamental menekankan sentralitas utilitas, transportasi, perumahan, kesehatan, dan layanan perawatan terhadap reproduksi sosial. Sektor-sektor ini menjadi jangkar kehidupan sehari-hari dan mencakup sebagian besar lapangan kerja dan pengeluaran rumah tangga. Konsep kuncinya meliputi sifat "biasa" namun penting dari aktivitas-aktivitas ini, yang seringkali terlindungi dari persaingan global dan diukur berdasarkan nilai sosial daripada keuntungan. Contohnya termasuk sistem transportasi umum yang memungkinkan mobilitas atau layanan kesehatan yang mendukung produktivitas tenaga kerja. Ketika sektor-sektor fundamental difinansialisasi - melalui struktur kepemilikan yang diungkit dan ekstraksi pemegang saham - investasi seringkali tertinggal dari pemeliharaan. Biaya meningkat, dan kualitas layanan memburuk.

Secara energetik, penyediaan fundamental bergantung pada surplus. Jika EROEI agregat menurun dan biaya energi meningkat secara struktural, sektor-sektor fundamental mengalami tekanan kronis. Di Amerika Serikat, kenaikan biaya listrik (naik 7,4% pada September 2025 menjadi 18 sen/kWh), keterlambatan infrastruktur, dan finansialisasi perumahan merupakan contoh penggerogotan penyediaan fundamental di bawah rezim likuiditas yang difinansialisasi. Utang perusahaan utilitas melonjak 31% dari tahun 2023 hingga pertengahan 2025, menyebabkan 4 juta pemutusan layanan pada tahun 2025. Stratifikasi energi mungkin akan semakin intensif. Perusahaan dengan akses modal dapat mengamankan pembangkit listrik khusus atau kontrak jangka panjang. Rumah tangga dan usaha kecil tidak dapat melakukannya. Muncul kelompok "kaya" dan "miskin" dalam hal energi, yang merusak tatanan sosial.

16.7 LIKUIDITAS TERARAH & FONDASI DI CHINA

China menghadirkan konfigurasi yang kontras. Selama empat dekade, negara ini telah melakukan pembangunan infrastruktur skala besar: elektrifikasi, kereta api kecepatan tinggi, perluasan pelabuhan, modernisasi jaringan listrik, penerapan energi terbarukan, dan pembangunan perkotaan. Investasi infrastruktur rata-rata 6,7% dari PDB, dengan real estat dan infrastruktur mencapai 31,7% dari PDB pada tahun 2021. Alokasi kredit, yang dimediasi melalui bank-bank milik negara yang beroperasi dalam kerangka kebijakan, telah menyalurkan likuiditas menuju pembentukan modal material dalam skala besar. Penerapan energi terbarukan di China sangat penting. Instalasi tenaga surya dan angin skala besar, manufaktur baterai, dan perluasan jaringan listrik mewakili konfigurasi ulang sistemik dari basis energi. Terlepas dari inefisiensi transisi yang ada, likuiditas tetap tertanam dalam peningkatan infrastruktur. Dari tahun 2020-2024, China menambahkan 900 GW kapasitas energi terbarukan, dengan tenaga angin dan surya mencapai 1.760 GW pada November 2025, yang mencakup lebih dari 60% dari total kapasitas terpasang. EROEI untuk energi surya dan angin di Tiongkok rata-rata 11-18:1, mendukung peningkatan efisiensi.

Penyediaan dasar telah berkembang seiring dengan pertumbuhan. Elektrifikasi bersifat universal. Jaringan transportasi mengintegrasikan wilayah pedalaman. Infrastruktur digital tersebar luas. Pendapatan rumah tangga telah meningkat secara substansial selama beberapa dekade, mendukung konsumsi massal, dengan investasi energi terbarukan meningkatkan pertumbuhan pendapatan, khususnya untuk kelompok berpenghasilan rendah. Struktur politik Tiongkok memungkinkan intervensi untuk mengekang sektor-sektor yang dianggap tidak stabil. Pengurangan utang properti dan disiplin regulasi perusahaan teknologi menunjukkan kapasitas untuk menundukkan ekspansi keuangan pada tujuan sistemik.

3. Surplus Energi Dan Pegganda Dasar

Surplus energi yang tumbuh memiliki efek pegganda di luar produksi. Ketika EROEI meningkat atau stabil, pangsa PDB yang dialokasikan untuk ekstraksi energi menurun. Lebih banyak tenaga kerja dan modal tersedia untuk kesehatan, pendidikan, transportasi, dan perawatan; dan akibatnya, penyediaan dasar menjadi layak secara energi. Ketika EROEI menurun, energi menyerap sumber daya sosial yang semakin meningkat, yang tercermin dalam peningkatan biaya input di seluruh rantai pasokan. Sementara itu, sektor-sektor dasar menghadapi penghematan yang semakin besar atau peningkatan harga. Dengan demikian, surplus energi menopang perekonomian fundamental.

Rezim yang terfinansialisasi yang menggelembungkan nilai aset sambil mengabaikan pembaruan sistem energi berisiko merusak infrastruktur yang menopang legitimasi sosial. Di Tiongkok, energi bersih menyumbang 11,4% dari PDB pada tahun 2025, mendorong 35% pertumbuhan, yang menggambarkan pegganda ini.

16.8 PERBEDAAN REZIM DAN KONDISI STABILITAS

Perbedaan komparatif antara Amerika Serikat dan Tiongkok dapat diringkas dalam istilah SEV. Amerika Serikat menunjukkan peningkatan dominasi sirkuit fiktif, penurunan EROEI marjinal di sektor-sektor fosil utama (misalnya, shale pada 5-10:1), dan hambatan infrastruktur

dalam sistem kelistrikan yang membebani penyediaan dasar, menyebabkan peningkatan tagihan utilitas sebesar 30% sejak tahun 2020. Sebaliknya, Tiongkok menunjukkan keselarasan kelembagaan yang lebih besar antara ekspansi likuiditas dan penanaman infrastruktur, termasuk konfigurasi ulang sistem energi skala besar yang berupaya menstabilkan atau meningkatkan EROEI sistemik (misalnya, energi terbarukan pada 11-18:1), dengan infrastruktur sebesar 6,7% dari PDB yang mendukung pertumbuhan pendapatan.

Perbedaan ini bersifat kelembagaan, bukan ideologis. Ini menyangkut keselarasan, atau ketidakselarasan, antara ekspansi moneter dan reproduksi material. Oleh karena itu, kondisi stabilitas suatu rezim dapat dipahami sebagai berikut: Ekonomi politik tetap stabil ketika ekspansi likuiditas meningkatkan EROEI sistemik dan mendukung pertumbuhan pendapatan rumah tangga yang luas. Ekonomi politik menjadi rapuh ketika ekspansi likuiditas menggelembungkan modal fiktif sementara basis energi stagnan atau menurun.

16.9 RINGKASAN

Nilai tukar tidak dapat terlepas secara tak terbatas dari aliran energi. Klaim keuangan dapat meningkat untuk jangka waktu yang lama, tetapi jika substrat energi terkikis, sistem fundamental melemah dan tatanan sosial retak. Surplus energi yang tumbuh tidak hanya menopang output industri tetapi juga infrastruktur kehidupan sehari-hari. Di mana likuiditas tertanam dalam pembaruan infrastruktur dan peningkatan sistem energi, rezim dapat mempertahankan ketahanan. Di mana likuiditas terutama memicu inflasi aset sementara sistem fundamental tertekan, ketidakstabilan sistemik semakin dalam. Lintasan komparatif Tiongkok dan Amerika Serikat menggambarkan rezim SEV yang kontras ini. Di era pengetatan kendala material dan percepatan permintaan teknologi, kemampuan untuk menyelaraskan ekspansi moneter dengan pembaruan energi dapat terbukti menentukan stabilitas rezim jangka panjang dan pengaruh global.

BAB 17

UTANG, LIKUIDITAS, DAN MODAL FIKTIF

17.1 PENDAHULUAN

Sebagai penutup, saya akan mencoba untuk menarik beberapa implikasi dari apa yang telah dibahas sebelumnya. Pengamatan penutup ini sama sekali bukan ringkasan yang komprehensif atau definitif dari implikasi analisis; juga bukan merupakan perhitungan penuh atas kemungkinan karya ini apalagi keterbatasannya. Refleksi ini akan dibahas dalam beberapa bab, masing-masing mengeksplorasi beberapa aspek dari apa yang telah dibahas sebelumnya.

Saya mulai dengan eksplorasi implikasi analisis SEV pada pertanyaan tentang manajemen likuiditas sistemik. Saya melakukan itu dengan membangun karya Steve Keen, yang telah memberikan kontribusi penting bagi ekonomi politik kontemporer dengan membangun kembali dinamika utang swasta di pusat ketidakstabilan makroekonomi. Dengan mengacu pada Hipotesis Ketidakstabilan Keuangan Minsky dan tradisi uang endogen, Keen menunjukkan baik secara teoritis maupun empiris bahwa perubahan dalam utang swasta - daripada tingkat utang - adalah pendorong utama permintaan agregat, siklus harga aset, dan krisis keuangan. Ketika pertumbuhan kredit swasta meningkat, permintaan meluas; ketika melambat atau berbalik arah, permintaan runtuh, sehingga menimbulkan apa yang sekarang secara luas diakui sebagai "momen Minsky." Dalam kerangka ini, Keen - bersama dengan tradisi pasca-Keynesian dan terkait yang lebih luas - mengakui peran stabilisasi yang sangat diperlukan dari defisit pemerintah selama periode pengurangan utang sektor swasta. Ketika pembayaran pinjaman menghancurkan uang dan neraca swasta menyusut, defisit publik memasok aset keuangan bersih ke sektor non-pemerintah, mencegah keruntuhan dahsyat dalam output dan lapangan kerja.

Bab ini menerima hasil-hasil ini sebagai dasar. Namun, bab ini berpendapat bahwa penjelasan krisis dan stabilisasi krisis, meskipun diperlukan, secara analitis tidak memadai. Secara khusus, model-model yang didorong oleh utang yang ada terutama berfokus pada *penciptaan dan penghancuran likuiditas secara umum*, sementara sebagian besar tetap diam tentang *sirkuit kelembagaan di mana likuiditas diserap, dikapitalisasi, dan diakumulasikan*. Setelah lapisan tambahan ini diperkenalkan, menjadi jelas bahwa dalam kondisi keuangan kontemporer di ekonomi barat khususnya, penciptaan uang publik dan swasta cenderung memperluas modal fiktif lebih cepat daripada kapasitas produktif. Akibatnya, kebijakan stabilisasi dapat menekan krisis keuangan dalam jangka pendek sekaligus mereproduksi ketidakstabilan struktural yang lebih dalam dalam jangka panjang. Bab ini memperluas karya Keen dari teori ketidakstabilan yang didorong oleh utang menjadi teori penyerapan likuiditas dan akumulasi nilai tukar.

17.2 DINAMIKA UTANG DAN STABILISASI FISKAL

Wawasan inti Keen adalah bahwa ekonomi kapitalis (atau lebih tepatnya, ekonomi moneter yang didukung kredit) pada dasarnya tidak stabil karena penciptaan kredit memicu ekspansi dan kerapuhan. Bank menciptakan uang secara endogen melalui pinjaman; perusahaan dan rumah tangga meminjam untuk berinvestasi, berspekulasi, atau mengonsumsi; dan pertumbuhan utang swasta yang meningkat meningkatkan permintaan agregat. Namun, proses ini membatasi diri. Ketika beban pembayaran utang meningkat relatif terhadap pendapatan, peminjam menjadi tidak mampu atau tidak mau terus memperluas neraca mereka. Ketika pertumbuhan utang swasta melambat atau berbalik arah, permintaan agregat menyusut tajam, menghasilkan resesi atau krisis.

Dalam konteks ini, simpati Keen terhadap defisit fiskal didasarkan secara analitis dan empiris. Pembayaran pinjaman merupakan penghancuran uang bersih, sedangkan defisit pemerintah merupakan suntikan aset keuangan bersih ke sektor swasta. Selama krisis kredit, hanya negara yang dapat mencegah keruntuhan likuiditas sistem. Pada tingkat identitas akuntansi nasional, defisit publik tentu saja sesuai dengan surplus swasta.

Pada tingkat abstraksi ini, defisit tampak sebagai kekuatan penstabil yang jelas. Namun, abstraksi ini juga menimbulkan pertanyaan penting: *Ke mana likuiditas itu mengalir? Melalui neraca mana likuiditas itu beredar? Bagaimana likuiditas itu dikapitalisasi, dan oleh siapa?* Pertanyaan-pertanyaan ini sangat penting untuk memahami mengapa stabilisasi yang berulang kali terjadi bertepatan dengan kenaikan harga aset, pelebaran kesenjangan kekayaan, dan dinamika produktif yang lemah.

17.3 BATASAN ANALISIS NERACA AGREGAT

Pendekatan neraca sektoral, baik pasca-Keynesian maupun yang terinspirasi MMT, secara analitis kuat tetapi secara struktural tidak lengkap. Pendekatan ini menetapkan kondisi konsistensi, bukan jalur kausal. Kesamaan bahwa defisit pemerintah sesuai dengan surplus swasta tidak menentukan bagaimana surplus tersebut didistribusikan di antara rumah tangga, perusahaan, dan lembaga keuangan, atau bagaimana surplus tersebut dimobilisasi setelah diterima.

Likuiditas tidak homogen secara ekonomi dalam dampaknya. Konsekuensi makroekonominya bergantung pada sirkuit kelembagaan tempat likuiditas mengalir: pembayaran upah, konsumsi, investasi produktif, pembelian aset, pembentukan jaminan, dan perluasan leverage. Tanpa menganalisis sirkuit-sirkuit ini, analisis stabilisasi tetap tidak lengkap. Fokus eksklusif pada penyesuaian keuangan memperlakukan krisis sebagai masalah akuntansi daripada masalah struktural. Ketidakstabilan yang lebih dalam terletak pada percepatan divergensi antara klaim nilai tukar nominal dan kapasitas ekonomi untuk melakukan pekerjaan nyata; yaitu, mengubah energi, material, dan tenaga kerja menjadi nilai guna. Suntikan likuiditas menstabilkan neraca, tetapi tidak mendamaikan divergensi ini.

Keterbatasan ini tidak spesifik pada satu aliran analisis pasca-Keynesian tertentu, dan juga tidak melemahkan perlunya intervensi fiskal selama periode pengurangan utang sektor swasta. Sebaliknya, hal ini menunjukkan lapisan analitis lain. Di sini, saya berpendapat bahwa

perlu untuk memeriksa bagaimana likuiditas yang baru diciptakan diserap, dikapitalisasi, dan dinilai setelah permintaan agregat distabilkan. Lapisan inilah—yang sebagian besar tidak ada dalam model makroekonomi berbasis utang—yang menjadi penentu dalam kondisi finansialisasi tingkat lanjut.

17.4 NILAI TUKAR, NILAI GUNA, DAN MODAL FIKTIF

Untuk memperluas dinamika utang ke dalam teori akumulasi, seperti yang telah saya kemukakan, perlu dibedakan antara nilai guna dan nilai tukar. Secara sederhana:

- *Nilai guna* mengacu pada barang dan jasa yang secara langsung memenuhi kebutuhan atau berfungsi sebagai masukan untuk produksi lebih lanjut; dan
- *Nilai tukar* mengacu pada klaim yang diakui secara sosial atas barang, jasa, atau aliran pendapatan di masa depan.

Nilai tukar itu sendiri memiliki dua bentuk utama. Pertama, *nilai tukar generik*, yang diwakili oleh modal uang, yang pada dasarnya tidak bersyarat dan dapat dipertukarkan secara universal. Kedua, *nilai tukar bersyarat*, yang mencakup surat utang, ekuitas, dan klaim keuangan lainnya yang realisasinya bergantung pada aliran pendapatan, keuntungan, atau jaminan negara di masa depan.

Mengikuti Marx, tetapi dioperasionalkan untuk keuangan kontemporer, modal fiktif didefinisikan di sini sebagai stok klaim nilai tukar yang nilai pasarnya melebihi kapasitas ekonomi riil yang direalisasikan saat ini untuk menghasilkan aliran pendapatan yang diperlukan untuk memvalidasi klaim tersebut. Modal fiktif bersifat riil dalam neraca, tetapi secara struktural tidak stabil karena kondisinya. Yang terpenting, modal fiktif dapat diperluas baik melalui penciptaan kredit swasta maupun defisit publik, tergantung pada bagaimana likuiditas diserap.

17.5 SIRKUIT PENYERAPAN LIKUIDITAS

Setelah uang diciptakan - oleh bank atau oleh negara - uang tersebut diserap melalui berbagai sirkuit yang saling terhubung, termasuk:

1. Sirkuit pendapatan, yang mendukung upah, transfer, dan konsumsi;
2. Sirkuit investasi produktif, yang meningkatkan kapasitas produktif (yaitu, kapasitas untuk memperluas penciptaan nilai guna);
3. Sirkuit penilaian aset, yang mengkapitalisasi aliran pendapatan yang ada menjadi harga aset yang lebih tinggi; dan
4. Sirkuit jaminan dan leverage, di mana aset mendukung penciptaan kredit lebih lanjut.

Dalam ekonomi yang terfinansialisasi saat ini, sirkuit (3) dan (4) mendominasi. Keuntungan semakin banyak diinvestasikan kembali secara finansial daripada secara produktif; obligasi pemerintah berfungsi sebagai jaminan dasar; dan apresiasi harga aset menggantikan pertumbuhan pendapatan. Oleh karena itu, likuiditas kembali ke neraca dan valuasi daripada ke transformasi produktif baru. Konfigurasi struktural ini adalah mata rantai yang hilang antara dinamika utang dan ketidakstabilan jangka panjang.

17.6 KONVERGENSI UANG PUBLIK & SWASTA

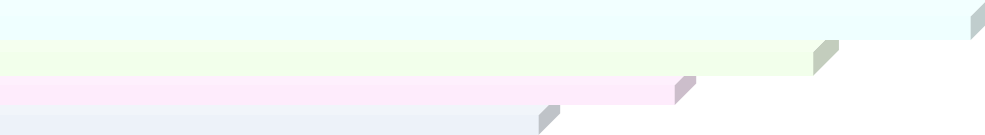
Kerangka kerja ini menjelaskan mengapa efek jangka panjang dari penciptaan uang publik dan swasta dapat bertemu di bawah finansialisasi. Pinjaman bank swasta secara langsung menciptakan klaim bersyarat atas pendapatan masa depan. Defisit pemerintah, meskipun menciptakan uang tanpa syarat, biasanya dipasangkan dengan sekuritas berbunga yang dengan cepat terintegrasi ke dalam pasar aset dan sistem jaminan. Di bawah pengaturan kelembagaan yang mengutamakan likuiditas, ekstraksi imbal hasil, dan penilaian aset, kedua bentuk penciptaan uang cenderung memperkuat akumulasi modal fiktif. Penerbitnya berbeda; jalur valorisasinya tidak. Ini tidak menyangkal perlunya intervensi fiskal selama krisis. Sebaliknya, ini menjelaskan mengapa stabilisasi keuangan berulang gagal memulihkan dinamisme produktif dan malah memperdalam ketergantungan pada pertumbuhan yang dipimpin aset.

17.7 KETIDAKSTABILAN LAMBAT DAN CEPAT

Kerangka kerja Keen mengidentifikasi mode *ketidakstabilan cepat* yang didorong oleh percepatan dan pembalikan utang swasta. Perluasan yang dikembangkan di sini mengidentifikasi mode *ketidakstabilan lambat* yang didorong oleh akumulasi modal fiktif relatif terhadap kapasitas produktif. Ini adalah pembakaran lambat struktural. Ketidakstabilan lambat ini bermanifestasi sebagai inflasi aset yang terus-menerus, meningkatnya ketidaksetaraan kekayaan, investasi yang lemah dalam kapasitas produktif, dan meningkatnya sensitivitas pasar terhadap sinyal kebijakan. Yang terpenting, hal ini dapat muncul bahkan tanpa percepatan kredit swasta yang diperbarui. Stabilitas dalam likuiditas tidak menyiratkan stabilitas dalam sistem nilai. Beberapa proposisi muncul dari analisis ini, termasuk yang berikut:

1. Stabilisasi likuiditas dapat terjadi (dan memang terjadi) tanpa penjangkaran ulang produktif: Defisit fiskal dapat menstabilkan permintaan tanpa memulihkan investasi produktif ketika sirkuit aset mendominasi;
2. Efek uang publik dan swasta bertemu: Di bawah finansialisasi, kedua bentuk penciptaan uang memperluas modal fiktif lebih cepat daripada kapasitas produktif;
3. Ketidakstabilan non-Minsky: Kerapuhan sistemik dapat meningkat tanpa percepatan utang swasta. Ini adalah proses yang berlangsung lambat dan beroperasi secara struktural;
4. Amplifikasi distribusi dan entropi: Penyerapan likuiditas berbasis aset secara tidak proporsional menguntungkan pemegang kekayaan, memperkuat ketidaksetaraan. Ketidaksetaraan yang berlebihan dapat menimbulkan peningkatan risiko entropi sosial; dan
5. Ketergantungan jalur: Setiap stabilisasi meningkatkan ketergantungan di masa depan pada ekspansi likuiditas.

Bersama-sama, proposisi ini menjelaskan mengapa krisis keuangan tampaknya terselesaikan setelah intervensi fiskal dan pemeliharaan likuiditas, sementara kerapuhan struktural semakin dalam.



Makroekonomi berbasis utang Keen tetap sangat diperlukan untuk memahami dinamika krisis keuangan. Bab singkat ini menerima hasil intinya dan memperluasnya dengan memasukkan teori tingkat sirkuit tentang penyerapan likuiditas dan akumulasi nilai tukar. Setelah lapisan ini diperkenalkan, peran stabilisasi defisit pemerintah tampak sebagai sesuatu yang diperlukan sekaligus tidak cukup: diperlukan untuk mencegah keruntuhan lebih lanjut dalam jangka pendek tetapi tidak cukup untuk memulihkan dinamika produktif.

Dalam pengaturan kelembagaan kontemporer di kapitalisme Barat, penciptaan uang publik dan swasta cenderung memperluas modal fiktif lebih cepat daripada ekonomi riil. Hasilnya adalah sistem yang mampu menekan krisis dalam jangka pendek sambil mereproduksi ketidakstabilan struktural yang lebih dalam dalam jangka panjang. Mengatasi ketidakstabilan ini tidak hanya membutuhkan lebih banyak likuiditas, tetapi juga transformasi sirkuit tempat likuiditas tersebut dihargai. Sebagai perbandingan, contoh Tiongkok, di mana bank-bank milik negara telah menjadi saluran utama untuk pelepasan likuiditas baru, menunjukkan pengaturan kelembagaan alternatif yang dapat memberikan cara lain untuk mengatur sirkuit ekspansi modal keuangan.

BAB 18

MENUJU EKONOMI POLITIK TERMODINAMIKA

18.1 PENDAHULUAN

Bab ini merupakan kelanjutan dari bab sebelumnya yang berfokus pada keterbatasan respons manajemen likuiditas agregat, dan apa artinya dalam hal fokus utama teori ekonomi dan evaluasi kebijakan. SEV mendefinisikan ulang cakupan teori ekonomi. Alih-alih memaksimalkan utilitas di bawah kendala, pertanyaan sentralnya menjadi: *Bagaimana sistem menyusun dan mengoptimalkan transformasi energi, koordinasi informasi, dan aliran moneter untuk memaksimalkan surplus jangka panjang (AEP) sambil melawan entropi?* Pendekatan ini membuka ruang bagi metrik baru, model empiris, dan alat kebijakan yang bertujuan untuk meningkatkan lintasan EROEI di berbagai bidang ekonomi, teknologi, dan kelembagaan.

18.2 KEBIJAKAN & STRATEGI DINAMIKA EROEI

Kerangka kerja SEV mengorientasikan kembali fondasi analisis ekonomi, atribusi nilai, dan produktivitas menuju realisme termodinamika. Hal ini memiliki implikasi praktis yang penting bagi bagaimana kebijakan dirumuskan dan bagaimana kita memahami dinamika persaingan sistemik, baik antar perusahaan, sektor, atau negara. Inti dari SEV adalah pemahaman bahwa nilai tukar merupakan fungsi dari profil energi komoditas yang terlibat, khususnya Energi yang Dikembalikan atas Energi yang Diinvestasikan dalam produksi ($EROEI_p$) dan EROEI dalam penggunaan atau potensi ($EROEI_u$). Ini berarti bahwa nilai tidak muncul dari preferensi subjektif atau kelangkaan relatif, tetapi dari kapasitas fisik suatu sistem untuk memobilisasi energi dan mengubahnya secara efisien menjadi output yang dapat digunakan dari waktu ke waktu.

Oleh karena itu, daripada mengejar pertumbuhan atau produktivitas sebagai tujuan abstrak atau memaksimalkan PDB, SEV menyiratkan bahwa kebijakan harus dirancang untuk meningkatkan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ sistemik ekonomi. Sebagai contoh:

- Investasi infrastruktur harus dievaluasi berdasarkan potensi jangka panjangnya untuk meningkatkan $EROEI_u$ (misalnya, perumahan efisien, sistem kereta api, sanitasi publik, dan jaringan digital);
- Strategi transisi energi harus memprioritaskan sumber energi dan teknologi dengan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ yang paling tinggi dan dapat diskalakan, bukan hanya biaya atau emisi jangka pendek terendah;
- Pendanaan inovasi dan R&D harus fokus pada teknologi produksi hemat energi, komoditas tahan lama, dan peningkatan sistem secara menyeluruh dalam konversi dan penyimpanan energi; dan

- Kebijakan pertanian, transportasi, dan industri harus mengevaluasi input dan output berdasarkan profil EROEI sistem totalnya, bukan hanya metrik produktivitas yang sempit.

Bagi pemerintah dan lembaga, ada kebutuhan untuk mengevaluasi investasi dalam infrastruktur digital bukan hanya sebagai peningkatan teknologi, tetapi sebagai peningkat EROEI sistemik. Biaya energi awal yang tinggi dalam infrastruktur data mungkin lebih dari sekadar diimbangi oleh keuntungan jangka panjang dalam efisiensi energi sistemik. Hal ini mengarah pada kebutuhan untuk mendefinisikan ulang produktivitas. Digitalisasi menantang gagasan tradisional tentang produktivitas dengan memungkinkan penggunaan dan alokasi energi yang lebih efisien, bukan sekadar meningkatkan output per unit tenaga kerja atau modal. Dengan demikian, hal ini membutuhkan pemahaman produktivitas yang berbasis energi, bukan semata-mata berbasis output, seperti yang diuraikan dalam bab ini. Investasi dalam sistem data, platform koordinasi digital, dan AI harus dipahami sebagai pengungkit strategis untuk meningkatkan $EROEI_p$ (melalui sistem produksi yang lebih baik) dan $EROEI_u$ (melalui penggunaan dan penerapan energi yang lebih baik).

Ada juga implikasi bagi desain sistem moneter dan keuangan. Sistem moneter dan arus keuangan harus dievaluasi, setidaknya sebagian, dalam hal biaya energi dan kontribusinya terhadap sirkulasi nilai guna yang efisien. Seperti yang dicatat dalam bab sebelumnya, ini membingkai ulang perdebatan seputar likuiditas, kecepatan uang, dan persyaratan modal dalam istilah energi. Implikasi dari rekonseptualisasi hubungan antara sistem moneter dan dinamika EROEI menunjukkan bahwa:

- Kebijakan moneter yang sehat harus didasarkan bukan pada target inflasi itu sendiri, tetapi pada pengembangan sektor dengan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ yang tinggi. Inflasi terjadi ketika output melampaui ketersediaan energi yang disesuaikan dengan entropi, yang membingkai ulang inflasi sebagai tekanan sistem material, bukan hanya ekspektasi atau tawar-menawar upah;
- Gelembung aset muncul ketika ekspansi kredit menargetkan aktivitas EROEI rendah (misalnya, keuangan spekulatif atau proyek ekstraktif yang tidak ramah lingkungan) dan di mana klaim moneter melebihi surplus energi yang tersedia; dan
- Sistem moneter berkelanjutan membutuhkan keselarasan antara ekspansi kredit endogen dan dinamika pengembalian energi sistemik.

Dalam konteks global, kerangka kerja SEV menunjukkan bahwa persaingan multi-sistem akan ditentukan oleh kemampuan masyarakat untuk:

1. Berinovasi lebih cepat dalam teknologi dan institusi yang meningkatkan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$;
2. Mengadopsi dan menyebarkan inovasi-inovasi tersebut secara lebih luas dan merata; dan
3. Menghindari keterikatan sistemik pada infrastruktur, teknologi, atau pengaturan kelembagaan dengan EROEI rendah.

Dari perspektif ini, kelimpahan bukanlah hasil alami dari keseimbangan pasar, tetapi hasil dari optimalisasi sistem energi yang berkelanjutan. Kapasitas suatu masyarakat atau sistem untuk menghasilkan kelimpahan merupakan fungsi dari arsitektur energinya, dalam pengaturan pemukiman sosial yang membatasi atau memungkinkan adaptasi sistem energi, bukan neraca keuangannya. Sistem yang unggul adalah sistem yang tidak hanya dapat menghasilkan vektor energi dengan EROEI tinggi, tetapi juga membangun jalur fisik dan kelembagaan untuk mempercepat penyerapan dan integrasinya di berbagai bidang kehidupan manusia - yaitu di bidang-bidang seperti perumahan, kesehatan, pangan, informasi, dan mobilitas.

Pandangan ini mengarah pada jenis ekonomi politik baru: ekonomi yang melek termodinamika dan berlandaskan pada batasan dan peluang biofisik transformasi energi. Ekonomi ini menggantikan pertumbuhan ekonomi sebagai tujuan utama dengan kelimpahan dan ketahanan energi, yang diukur bukan dalam agregat moneter, tetapi dalam peningkatan berkelanjutan terhadap kapasitas energi sistem dan distribusi/sirkulasinya. Kerangka SEV sangat berbeda dari model ekonomi arus utama yang mencari keseimbangan melalui penyesuaian harga marjinal. Sebaliknya, kerangka ini menggambarkan sistem dinamis yang tidak seimbang, yang terus-menerus dibentuk oleh ketegangan dialektis antara dua kekuatan yang berlawanan:

1. Pergeseran Entropi: Setiap transformasi energi dalam produksi atau penggunaan meningkatkan entropi. Ini bersifat fisik (dalam bentuk limbah, kehilangan panas, dan degradasi) dan informasional (melalui ketidakpastian, kekacauan, dan penurunan koordinasi dari waktu ke waktu); dan
2. Kekuatan Penyeimbang EROEI: Untuk mempertahankan dan mereproduksi sistem ekonomi, para pelaku harus terus-menerus berupaya meningkatkan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ - efisiensi produksi dan penggunaan energi untuk pekerjaan yang bermanfaat.

Hal ini dicapai melalui inovasi teknologi, infrastruktur dan desain kelembagaan, serta sistem pemrosesan dan koordinasi informasi. Yang terpenting, kemampuan untuk meningkatkan $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ tidak hanya bergantung pada pengaturan fisik, tetapi juga pada pengurangan entropi informasional - ketidakpastian dalam waktu produksi, keadaan sistem, ketersediaan sumber daya, dan perilaku agen. Informasi dan energi saling terkait erat karena $EROEI_p$ dan $EROEI_u$ yang efektif berhubungan dengan tingkat entropi informasi sistem. Antagonisme berkelanjutan antara degradasi energi dan adaptasi pengurangan entropi ini mendorong evolusi dan pergerakan sistem, bukan menuju keseimbangan, tetapi menuju tatanan adaptif yang selalu bergantung dan rapuh. Kapasitas sistem untuk bertahan – stabilitas dinamisnya – bergantung pada kemampuannya untuk:

- Mengantisipasi dan mengimbangi entropi melalui informasi;
- Mengonfigurasi ulang sistem energi di sekitar vektor EROEI yang lebih tinggi; dan
- Mengedarkan nilai guna secara efisien dengan pemborosan energi minimal.

Tidak ada titik keseimbangan akhir, tidak ada keseimbangan yang stabil. Hanya sistem yang terus-menerus menginternalisasi entropi yang dihasilkannya – dengan membangun struktur yang memulihkan keteraturan lebih efisien daripada yang hilang – yang dapat bertahan lama.

18.3 DATA SEV & MEKANISME GANGGUAN NILAI

Inti dari VSVP dan siklus penurunan nilai terletak pada kegagalan informasi: sistem tersebut kekurangan konfirmasi yang tepat waktu dan andal bahwa nilai guna yang dihasilkan dapat direalisasikan sebagai nilai tukar. Kredit berperan untuk menjembatani kesenjangan ini dengan memberikan uang muka terhadap masa depan yang tidak pasti. Data rantai pasokan yang diaktifkan SEV secara langsung menargetkan kegagalan ini. Dengan menginstrumentasikan produksi, logistik, inventaris, dan kontrak secara real-time, SEV mengurangi jarak epistemik antara produksi dan realisasi. Perbedaan ini sangat penting. Kompresi kredit mempersingkat validasi secara temporal dengan menarik surplus masa depan ke masa kini. Instrumentasi SEV mempersingkat validasi secara operasional dengan membuat realisasi lebih mudah diamati, diprediksi, dan dikontrakkan. Dengan SEV:

- Pesanan, inventaris, dan status pengiriman terlihat;
- Kewajiban pembayaran dikaitkan dengan peristiwa yang terverifikasi; dan
- Klaim bergantung pada pergerakan nilai aktual, bukan revaluasi aset.

Validasi beralih dari berbasis ekspektasi menjadi berbasis peristiwa.

SEV tidak menghilangkan kredit; ia mengubah karakternya. Kredit menjadi transaksional daripada spekulatif. Pinjaman dijamin dengan arus yang terverifikasi daripada harga yang diproyeksikan. Perputaran tetap tinggi, tetapi tanpa memperluas klaim fiktif. Dalam istilah SEV, ini adalah pergeseran dari kredit yang divalidasi sirkulasi ke kredit yang divalidasi arus. Akibatnya, pertumbuhan kredit lebih selaras dengan pertumbuhan output. Neraca kemudian mencerminkan nilai tukar yang terealisasi atau hampir terealisasi, dan amplitudo siklus penurunan nilai berkurang.

1. Mengapa Ini Penting Untuk Dorongan Manufaktur China

Untuk ekspansi manufaktur China, data rantai pasokan yang didukung SEV menjalankan fungsi makro strategis:

- Memungkinkan peningkatan skala yang cepat tanpa bergantung pada inflasi harga aset;
- Menyerap laba ditahan ke dalam sirkuit produktif tanpa memicu kembali dinamika VSVP; dan
- Mendukung konsolidasi tanpa krisis, dengan membedakan perusahaan berdasarkan kinerja validasi daripada leverage keuangan.

Hal ini sangat penting di sektor-sektor yang berorientasi ekspor dan sektor-sektor yang didominasi B2B di mana validasi permintaan terfragmentasi di berbagai negara dan lembaga.

2. Konsekuensi Struktural: Finansialisasi Yang Lebih Lambat, Akumulasi Yang Lebih Cepat

Hasil paradoksnya adalah bahwa pengurangan kecepatan finansial dapat meningkatkan akumulasi riil. Dengan memperpendek waktu validasi riil, pendekatan yang diinformasikan oleh SEV mengurangi ketergantungan sistem pada modal fiktif dan percepatan kredit, sehingga memungkinkan:

- Pemanfaatan kapasitas berkelanjutan yang lebih tinggi;
- Kerentanan sistemik yang lebih rendah; dan
- Kesenjangan yang lebih sempit antara klaim uang dan output produktif.

Dalam pengertian ini, SEV berfungsi sebagai teknologi penstabil makro, bukan dengan menekan akumulasi, tetapi dengan mendasarkannya kembali pada aliran nilai yang dapat diverifikasi.

3. Implikasi Untuk Desain Sistem Dan Kebijakan

Memahami informasi dan data melalui lensa termodinamika ini memungkinkan prioritas strategis baru dalam desain sistem dan infrastruktur:

- Infrastruktur publik digital menjadi alat transisi energi;
- Penerapan AI menjadi mekanisme optimasi EROEI;
- Kepemilikan dan tata kelola data menjadi pusat dari alokasi yang adil atas kemampuan pengurangan entropi informasi; dan
- Kebijakan energi dan data bertemu: sistem informasi hemat energi merupakan bagian dari transisi energi, bukan terpisah darinya.

18.4 IMPLIKASI KEBIJAKAN SEV

Kerangka kerja SEV mbingkai ulang manajemen ekonomi sebagai tata kelola kelangsungan sistemik, pemeliharaan ketertiban melalui penyelarasan energi, informasi, dan keuangan yang koheren. Ini menyiratkan bahwa pertumbuhan, efisiensi, maupun inovasi tidak dapat dikejar secara terpisah dari kondisi termodinamika dan informasi yang memungkinkannya. Di dunia di mana kendala energi, hipertrofi informasi, dan ketidakstabilan keuangan semakin berinteraksi, kebijakan harus berevolusi dari pengelolaan arus ke pengelolaan koherensi sistemik.

1. Dari Kebijakan Pertumbuhan Ke Kelangsungan Energi

Kerangka kebijakan tradisional memperlakukan pertumbuhan ekonomi sebagai tujuan itu sendiri, yang diukur dengan output agregat. Dalam istilah SEV, pertumbuhan tersebut berkelanjutan hanya ketika mempertahankan atau meningkatkan *potensi negentropik bersih* sistem, yaitu kapasitasnya untuk menghasilkan lebih banyak energi yang dapat digunakan dan informasi yang layak daripada yang dikonsumsinya dalam melakukannya. Ini membutuhkan pengembangan *sistem akuntansi energi* baru, yang berpusat bukan pada output bruto tetapi pada *EROEI efektif* di seluruh jaringan produksi. Para pembuat kebijakan harus mengidentifikasi di mana ekonomi memperoleh atau kehilangan kelangsungan sistemik; Perhatian beralih ke sektor mana yang meningkatkan ketersediaan energi bersih dan sektor mana yang mengurasnya melalui inefisiensi atau pemborosan.

Strategi transisi - seperti peralihan ke energi terbarukan sebagai proporsi yang lebih besar dari produksi energi masa depan - harus dievaluasi bukan hanya berdasarkan kapasitas terpasang atau paritas biaya, tetapi berdasarkan pengembalian energi sistemiknya, yaitu sejauh mana strategi tersebut meningkatkan surplus energi yang layak tersedia untuk reproduksi sosial setelah biaya penuh penyimpanan, infrastruktur, dan manajemen informasi dimasukkan. Dengan demikian, kebijakan ekonomi menjadi bentuk tata kelola energi sistemik yang melibatkan koordinasi inovasi, investasi, dan konsumsi untuk mempertahankan keseimbangan positif antara penciptaan negentropik dan biaya entropik.

2. Mengelola Kelayakan Informasi

Domain kedua dari perhatian kebijakan muncul dari metabolisme informasi ekonomi. Kerangka kerja SEV menyiratkan bahwa masyarakat harus mengelola tidak hanya *berapa banyak* informasi yang mereka hasilkan, tetapi juga *apa jenis* informasinya, dan dengan biaya energi dan kognitif berapa.

Kelayakan informasi bergantung pada pemeliharaan rasio informasi-ke-kebisingan yang menguntungkan dalam sistem publik, institusional, dan digital. Ini melibatkan investasi dalam kapasitas yang meningkatkan *informasi yang layak*. Ini termasuk pendidikan, pertukaran ilmiah terbuka, dan tata kelola yang transparan; sambil membatasi *informasi yang tidak layak*: disinformasi, redundansi algoritmik, dan akumulasi data yang berlebihan yang menguras energi tanpa meningkatkan pemahaman.

Pada tingkat makro, tata kelola informasi berarti mengembangkan metrik untuk efisiensi informasi - analog dengan EROEI, tetapi mengukur hasil negentropik sistem informasi per unit energi dan perhatian yang dikeluarkan. Ini dapat menginformasikan kebijakan infrastruktur digital, alokasi pendanaan penelitian, dan regulasi data, membantu mencegah munculnya hipertrofi informasi dan entropi sosial yang menyertainya.

3. Menancapkan Kembali Keuangan Pada Fondasi Sistemik

Implikasi kebijakan ketiga dan yang paling mendesak menyangkut sistem keuangan. Seperti yang telah ditetapkan sebelumnya, ekspansi keuangan yang terlepas dari basis energi dan informasi menghasilkan modal fiktif dan memperkuat ketidakstabilan sistemik. Tantangannya adalah untuk menancapkan kembali keuangan pada potensi nyata transformasi sistemik.

Ini membutuhkan mekanisme yang secara eksplisit menghubungkan penciptaan kredit dan pasar modal dengan *kelayakan energi dan informasi yang terukur*. Secara praktis, hal ini dapat mencakup:

- Instrumen kredit terkait energi, di mana kapasitas pinjaman diindeks ke surplus energi bersih yang dihasilkan oleh portofolio investasi;
- Penilaian kelayakan informasi untuk proyek teknologi dan infrastruktur, memastikan bahwa investasi digital mengurangi, bukan meningkatkan, kebisingan sistemik; dan
- Kerangka kerja makro-prudensial yang memantau kesenjangan informasi-energi antara klaim keuangan dan reproduksi material, menggunakan metrik SEV sebagai indikator peringatan dini akumulasi fiktif.

Langkah-langkah tersebut akan menggeser keuangan dari penguat spekulatif entropi menjadi *mekanisme koordinasi untuk negentropi*, sehingga menyelaraskan klaim berorientasi masa depan dengan realitas fisik dan informasi yang menopang ketertiban.

4. Meninjau Kembali Nilai Dan Pengukuran

Perspektif SEV menantang metrik dasar nilai ekonomi. PDB, produktivitas, dan laba semuanya mengukur aktivitas dalam sirkulasi nilai tukar, tetapi mereka tetap bungkam mengenai apakah aktivitas tersebut meningkatkan atau mengurangi tatanan sistemik. Sistem akuntansi termodinamika-informasional baru diperlukan yang mengukur kinerja ekonomi dalam *hal tatanan bersih yang layak*. Ini mungkin termasuk:

- Indeks Kelayakan Sistemik (SVI): indikator agregat yang mengintegrasikan pengembalian energi, koherensi informasional, dan keselarasan keuangan;
- Akun Negentropi: keseimbangan sektoral input energi dan informasional relatif terhadap output sistemik; dan
- Jejak Entropi: ukuran pembangkitan kekacauan sistemik per unit nilai tambah, yang menangkap biaya energi dan sosial tersembunyi dari produksi.

Ukuran-ukuran ini tidak akan menggantikan penilaian moneter tetapi *melengkapi dan membatasinya* dengan mendefinisikan kembali rasionalitas ekonomi dalam hal negentropi berkelanjutan daripada akumulasi abstrak.

5. Kebijakan Sebagai Tata Kelola Sistemik

Dari sudut pandang SEV, tata kelola yang efektif lebih berkaitan dengan tata kelola daripada pengendalian: menumbuhkan kondisi di mana dinamika internal sistem tetap berada dalam rezim negentropik yang layak. Ini melibatkan manajemen adaptif berdasarkan umpan balik berkelanjutan, kepekaan terhadap ambang batas sistemik, dan kesadaran bahwa intervensi di satu domain (energi, informasi, atau keuangan) pasti akan menyebar ke domain lainnya.

Oleh karena itu, para pembuat kebijakan harus beroperasi sebagai konduktor sistemik daripada regulator eksternal, membimbing aliran energi, informasi, dan modal dengan cara yang mempertahankan koherensi. Desain kelembagaan harus memprioritaskan redundansi dan keragaman dalam subsistem kritis untuk mencegah kegagalan berantai, sambil mendorong kecerdasan terdistribusi yang dapat merespons secara dinamis terhadap gangguan yang muncul. Yang terpenting, ini menyiratkan pergeseran dalam ontologi kebijakan itu sendiri, dari pengelolaan keseimbangan ke navigasi struktur disipatif: sistem adaptif kompleks yang hanya bertahan dengan terus-menerus mengubah energi dan informasi menjadi konfigurasi tingkat yang lebih tinggi.

Implikasi yang lebih luas dari kerangka kerja SEV adalah pergeseran paradigma dalam cara kita memahami sistem produksi moneter, teknologi, dan peradaban. Masalah utamanya bukan lagi pertumbuhan, tetapi kelangsungan sistemik—bagaimana mempertahankan ketertiban di dunia yang semakin entropik. Reorientasi ini menyatukan keprihatinan ekologi, ekonomi, dan teori sosial di bawah prinsip umum: bahwa nilai, ketertiban, dan makna semuanya bergantung secara termodinamika. Oleh karena itu, tugas ekonomi politik adalah merancang institusi yang menyalurkan energi dan informasi ke dalam bentuk negentropi yang berkelanjutan; yaitu, ekonomi koherensi daripada ekspansi.

Keuangan, kebijakan, dan sains harus menjadi instrumen pengelolaan sistemik, menumbuhkan kondisi untuk ketertiban yang berkelanjutan daripada mempercepat disipasinya. Transisi yang sedang berlangsung saat ini bukan hanya bersifat energetik atau teknologi, tetapi juga ontologis: pendefinisian ulang nilai itu sendiri dalam istilah termodinamika.

18.5 MENUJU TEORI KELANGSUNGAN HIDUP SISTEMIK

Kerangka kerja SEV merekonseptualisasikan nilai, produksi, dan akumulasi sebagai ekspresi dari kondisi termodinamika eksistensi yang lebih dalam. Setiap sistem sosial adalah struktur terbuka yang bergantung pada energi yang mempertahankan dirinya sendiri dengan mengubah energi potensial menjadi kompleksitas yang terorganisir. Koherensinya - kapasitasnya untuk mereproduksi keteraturan - bergantung pada pemeliharaan keseimbangan positif antara penciptaan negentropi dan disipasi entropi.

Oleh karena itu, ekonomi, seperti semua sistem hidup, bukanlah mesin untuk memaksimalkan output atau keuntungan, tetapi sistem metabolisme yang harus terus-menerus meregenerasi fondasi energi dan informasinya. Pertanyaan utamanya bukanlah seberapa banyak ekonomi menghasilkan, tetapi apakah ekonomi tersebut dapat mempertahankan *kondisi penghasil keteraturan* yang memungkinkan produksi. Inilah esensi dari kelangsungan hidup sistemik.

1. Ekonomi sebagai Organisme Negentropik

Melalui sintesis SEV–Leontief–Keuangan, ekonomi muncul sebagai organisme negentropik: sistem kompleks yang merujuk pada diri sendiri di mana energi, informasi, dan keuangan berevolusi bersama. Energi menyediakan substrat material dari kemungkinan; Informasi mengatur dan mengarahkan potensi tersebut; dan, proyek keuangan mendistribusikannya sepanjang waktu. Keteraturan sistemik muncul ketika ketiga dimensi ini disinkronkan; kekacauan, ketika ketiganya terpisah.

Osilasi gelombang panjang - ritme Kondratiev tentang pertumbuhan, stagnasi, dan pembaruan - dengan demikian mengekspresikan denyut metabolisme organisme ini: reorganisasi periodik rezim energi, arsitektur informasi, dan sistem keuangan sebagai respons terhadap peningkatan entropi. Setiap gelombang mewakili baik habisnya satu konfigurasi energi-informasional maupun munculnya konfigurasi lainnya. Pola ini, jauh dari sekadar keteraturan empiris, adalah ekspresi dari logika termodinamika universal: semua sistem kompleks beresilasi antara akumulasi dan disipasi keteraturan, antara perluasan potensi dan kebutuhan akan pembaruan.

2. Ontologi Nilai Yang Ditinjau Kembali

Dalam ekonomi klasik dan neoklasik, nilai dipahami sebagai besaran statis - tenaga kerja yang diwujudkan, utilitas yang direalisasikan, atau harga keseimbangan yang dicapai. Dalam kerangka SEV, sebaliknya, nilai adalah properti dinamis dari sirkulasi yang layak. Bukan keteraturan itu sendiri yang membentuk nilai, melainkan *kontinuitas dan kelancaran* aliran sistemik—kapasitas energi, material, dan informasi untuk bergerak melalui sirkuit produksi dan pertukaran tanpa mengalami degenerasi menjadi gesekan dan pemborosan. Sistem yang layak mempertahankan kelancaran ini dengan terus-menerus mereproduksi gradien energi dan informasi yang mendorong sirkulasi. Ketika gradien ini melemah—ketika energi menjadi terlalu mahal, informasi terlalu berisik, atau keuangan terlalu terpisah—sirkuit akan macet. Aliran menjadi turbulen; dan, dalam skenario terburuk, koherensi runtuh.

Oleh karena itu, nilai adalah ukuran reproduksi aliran yang layak: kemampuan sistem untuk mempertahankan sirkulasi nilai guna dan nilai tukar yang lancar dan koheren secara

energi dari waktu ke waktu. Ini adalah kualitas relasional dan prosesual, bukan keadaan statis. "Keteraturan" ekonomi hanya bermakna sejauh ia mendukung metabolisme sirkulasi yang berkelanjutan ini—gerakan hidup di mana sistem terus-menerus membentuk dirinya sendiri.

3. Entropi, Fragmentasi, Dan Kondisi Sosial

Entropi, dalam ranah sosial, bermanifestasi sebagai fragmentasi: disintegrasi makna bersama, institusi, dan kapasitas untuk koordinasi kolektif. Ketika basis energi dan informasi dari tatanan terkikis, sistem sosial kehilangan koherensi, sehingga menimbulkan keterasingan, ketidaksetaraan, dan konflik.

Sebaliknya, pembaruan negentropik - baik teknologi, institusional, atau budaya - muncul ketika masyarakat menemukan kembali cara untuk menyalurkan energi dan informasi ke dalam reproduksi yang koheren. Proses ini bukan semata-mata teknis tetapi sangat etis: ini melibatkan pendefinisian ulang apa yang dianggap berharga, apa yang merupakan kemajuan, dan bagaimana masyarakat mengatur reproduksi material dan simbolik mereka. Oleh karena itu, teori nilai termodinamika memerlukan ekonomi moral tatanan: di mana pengejaran koherensi menggantikan pengejaran pertumbuhan *itu sendiri* sebagai prinsip panduan peradaban.

Rezim digital-terbarukan baru yang muncul sebagai penggantinya menawarkan kemungkinan negentropi terdistribusi, tetapi hanya jika arsitektur informasi dan keuangannya kembali berlandaskan pada kelayakan fisik. Transisi ini tidak dijamin. Percepatan aliran informasi dan keuangan relatif terhadap transformasi energi berisiko mendorong sistem ke dalam rezim ketidakstabilan hiper-entropi. Menghindari nasib itu membutuhkan reorientasi sadar lembaga ekonomi di sekitar kelayakan sistemik yang dibingkai di sekitar keseimbangan antara surplus energi, koherensi informasi, dan realisme keuangan. Masa depan tatanan bergantung pada apakah masyarakat dapat belajar mengatur transformasi secara termodinamika: untuk menyelaraskan inovasi teknologi, organisasi sosial, dan koordinasi keuangan dalam batas-batas metabolisme energi dan informasi yang layak.

18.6 RINGKASAN

Setiap masyarakat, setiap peradaban pada akhirnya harus menghadapi kebenaran termodinamika dari keberadaannya: bahwa tatanan itu mahal, bahwa koherensi itu rapuh, dan bahwa pengejaran nilai yang terlepas dari fondasi material dan informasinya pasti mengarah pada kehancuran. Kerangka *Nilai Tukar Sistemik* menawarkan cara untuk memahami hal ini bukan sebagai fatalisme, yang ditakdirkan sebagai semacam *deus ex machina* termodinamika, tetapi sebagai panduan untuk pembaharuan. Mempertahankan keteraturan dalam alam semesta entropik berarti hidup secara kreatif dengan keterbatasan. Ini berarti mengubah energi dan informasi bukan untuk tujuan akumulasi, tetapi untuk reproduksi kemungkinan. Dalam pengertian ini, bentuk nilai tertinggi adalah kelangsungan hidup itu sendiri, yaitu kapasitas suatu sistem untuk bertahan, beradaptasi, dan berevolusi dalam kondisi yang menopang kehidupan.

BAB 19

FASE TERMINAL HEGEMONI

19.1 PENDAHULUAN

Jadi, di mana posisi analisis kita, yang sebagian dipicu oleh analisis siklus panjang Arrighi? Buku Giovanni Arrighi, *The Long Twentieth Century*, menguraikan kerangka kerja yang sangat mendalam untuk memahami kebangkitan dan penurunan hegemoni dalam sistem dunia kapitalis modern. Setiap hegemon—Genoa, Belanda, Inggris, dan akhirnya Amerika—telah memimpin sistem akumulasi yang dimulai dari ekspansi produktif, mencapai puncaknya dalam finansialisasi, dan runtuh di bawah beban kontradiksi internalnya sendiri. Namun, kerangka kerja Arrighi, meskipun sangat mendalam, tidak lengkap jika hanya dilihat melalui lensa keuangan dan geopolitik. Jika kita mengintegrasikannya dengan realitas termodinamika yang dikemukakan oleh kerangka kerja SEV, di mana penciptaan nilai pada akhirnya berakar pada aliran energi dan pengembalian energi tingkat sistem, kita sampai pada diagnosis yang lebih komprehensif dan menyadarkan: Barat, dan Amerika Serikat khususnya, kini mengalami penurunan dan kelelahan sistemik.

19.2 FINANSIALISASI SEBAGAI GEJALA AKHIR

Dalam skema Arrighi, finansialisasi ekonomi negara hegemonik bukan menandakan revitalisasi, melainkan penurunan. Ini menandai pergeseran dari rezim ekspansi material, di mana nilai dihasilkan melalui produksi dan pertukaran barang, ke rezim ekspansi finansial, di mana modal mencari keuntungan melalui spekulasi, kredit, dan klaim yang diungkit atas nilai masa depan. Inggris mengalami hal ini pada akhir abad ke-19 ketika Kota London mengalahkan inti industrinya. Amerika Serikat telah menjalani fase ini sejak runtuhnya Bretton Woods pada tahun 1971. Sistem Bretton Woods adalah kerangka kerja kelembagaan yang mengamankan dominasi AS pascaperang. Sistem ini menetapkan dolar sebagai mata uang cadangan dunia, yang dijangkarkan pada emas, dan mendukung arus perdagangan dan investasi global. Tetapi keruntuhannya mengungkap kontradiksi yang lebih dalam. Hal itu mengungkapkan bahwa ekonomi Amerika tidak lagi dapat mendukung kewajiban keuangan yang tersirat oleh peran globalnya tanpa melepaskan dolar dari jangkar material apa pun. Era modal fiktif dimulai dengan sungguh-sungguh.

Kongres AS mengesahkan Undang-Undang GENIUS pada 19 Juli 2025, menandai awal babak selanjutnya dalam ekspansi modal fiktif. Dengan demikian, hal ini mengungkapkan kondisi zaman kita, yang telah saya gambarkan sebagai psikosis yang terfinansialisasi. Dengan latar belakang sejarah yang panjang, kita sekarang dapat melihat bagaimana era stablecoin Amerika yang didukung oleh obligasi pemerintah AS yang akan datang bukanlah awal dari tanah impian inovasi keuangan, tetapi mengkonsolidasikan terungkapnya krisis akumulasi modal barat dan dominasi global. Kekacauan yang kita amati sangat akut karena merupakan kejadian simultan di barat berupa krisis akumulasi modal fiktif yang berlebihan, krisis degradasi

energi, dan krisis budaya yang tidak lagi dapat merasionalisasi pemisahan kekayaan finansial dari eksistensi yang bermakna. Sekarang kita bertanya-tanya apakah fase terminal telah tiba.

Modal fiktif - klaim atas nilai masa depan yang tidak memiliki dasar yang aman dalam surplus produktif - sejak itu telah bermetastasis ke setiap sudut ekonomi AS. Pembelian kembali saham yang dibiayai utang, sekuritisasi real estat, pinjaman margin, derivatif, dan yang lebih baru, stablecoin kripto, semuanya mewakili instrumen baru dalam bangunan ilusi yang berkembang ini. Ketika modal keuangan menemukan lebih sedikit saluran yang menguntungkan dalam aktivitas produktif nilai guna riil, ia berbalik ke dalam, memperbanyak klaim atas dirinya sendiri, memberi makan ilusi kekayaan yang terputus dari ekonomi riil.

Ini jelas merupakan fenomena keuangan meskipun mungkin sekarang mendekati gangguan peradaban yang muncul. Sistem yang dulunya tumbuh dengan menghasilkan nilai guna sekarang bertahan dengan mengedarkan simbol; jaringan nilai tukar yang terus berkembang dan berakselerasi yang mengejar nilai tukar. Logika modal keuangan telah menjadi rekursif, merujuk pada diri sendiri, dan pada akhirnya kanibalistik. Ini adalah simulakra Baudrillard di bidang ekonomi, gejala psikosis finansialisasi: delusi massal di mana akumulasi modal tampak tak terbatas selama neraca digembungkan dan ilusi likuiditas dipertahankan. Tetapi ilusi pada akhirnya harus menghadapi substrat material yang menopangnya.

19.3 BASIS ENERGI EROEI DAN BATASAN NYATA KEKAISARAN

Di balik permukaan ruang cermin keuangan ini terdapat erosi yang lebih mendasar. Kita dihadapkan pada realitas termodinamika. Peradaban bangkit dan runtuh bukan hanya karena akses ke modal atau pasar, tetapi juga karena pengembalian energi atas energi yang diinvestasikan (EROEI) dari sistem inti produksi dan reproduksi mereka. Di sinilah kerangka kerja SEV dimulai. Kerangka kerja ini dimulai dengan proposisi material bahwa energi adalah sumber daya utama dan oleh karena itu merupakan kendala bagi semua proses ekonomi dan sosial.

Fondasi energi kekuatan Amerika diletakkan pada era bahan bakar fosil yang murah dan melimpah. Awalnya adalah batu bara, kemudian minyak. Supremasi militer, industri, dan pertanian AS sepanjang abad ke-20 didukung oleh sistem minyak dengan EROEI tinggi, sebagian besar berasal dari dalam negeri, dan kemudian mendunia melalui kendali cadangan Timur Tengah dan pengaturan daur ulang petrodolar. Tetapi kelimpahan energi itu sekarang telah habis - jika belum sepenuhnya dalam istilah absolut, tentu saja dalam istilah relatif. Sistem energi inti AS saat ini - terutama minyak serpih (fracking) - tidak lagi melimpah. Sumber daya tersebut semakin langka dan didefinisikan oleh marginalitas. EROEI (Energy Return on Energy Invested/Pengembalian Investasi Energi) dari minyak hasil fracking berkisar di angka tunggal, seringkali antara 4:1 dan 7:1, dibandingkan dengan lebih dari 100:1 pada awal era minyak bumi. Sumber daya non-konvensional seperti pasir tar, lepas pantai dalam, dan biofuel bahkan lebih buruk.

Penurunan EROEI merupakan kendala eksistensial. Sistem dengan EROEI rendah mengonsumsi semakin banyak energi hanya untuk mengakses energi baru. Hal ini menyebabkan surplus bersih yang lebih sedikit untuk mendukung sektor ekonomi non-

ekstraktif. Hasilnya adalah penurunan produktivitas riil, meskipun terjadi pertumbuhan nominal (dalam denominasi keuangan). Bukan kebetulan bahwa ekonomi AS semakin bergantung pada pekerjaan jasa dengan upah rendah, konsumsi yang dibiayai utang, dan gelembung aset spekulatif. Ekonomi Amerika sekarang mencoba untuk mendukung kerajaan yang meluas ke seluruh dunia dan sektor keuangan yang membengkak di atas basis energi yang, dalam istilah termodinamika, perlahan-lahan runtuh ke dalam. Ilusi kemakmuran dipertahankan melalui penerbitan kredit dan rekayasa keuangan, tetapi metabolisme fisik sistem yang sebenarnya semakin memburuk.

19.4 KONVERGENSI KRISIS

Kita sedang mengalami konvergensi krisis struktural, interaksi beracun dan ganas antara modal fiktif yang membengkak dan pelemahan energi, yang masing-masing saling memperkuat. Upaya untuk mempertahankan valuasi modal fiktif melalui stimulus moneter dan inflasi harga aset meningkatkan kerentanan sistem terhadap ketidakstabilan dan keruntuhan. Namun, bahkan jika reformasi keuangan dimungkinkan, basis material yang dibutuhkan untuk memulai kembali ekspansi produktif tidak lagi ada di inti sistem.

Inilah yang membuat fase saat ini berbeda dari krisis masa lalu. Selama Depresi Besar, AS masih memiliki basis industri yang berkembang dan pengembalian energi yang meningkat untuk dibangun. Saat ini, AS tidak memiliki keduanya. AS mengelola penurunan melalui halusinasi.

Sementara itu, pusat-pusat ekspansi produktif bergeser. Tiongkok, pinggiran Eurasia, dan Global Selatan secara lebih luas berinvestasi dalam pertumbuhan yang dipimpin infrastruktur, sistem EROEI yang lebih tinggi (termasuk tenaga surya, hidro, dan nuklir yang terkoordinasi - dan semakin banyak dalam penyimpanan hilir termasuk hidrogen), dan ekosistem industri yang terlistrik yang lebih terintegrasi erat dengan rantai pasokan fisik. Perkembangan ini mendorong pergeseran geopolitik, dan transformasi sistemik aliran nilai global, serta kontur distribusi spasialnya.

Sebaliknya, Barat tetap terkunci dalam logika finansialisasi EROEI yang relatif rendah. Instrumen kebijakannya - sanksi, pengetatan moneter, dan jebakan likuiditas dolar - adalah instrumen hegemon yang sedang menurun yang berupaya mempertahankan hak istimewa rentier di dunia yang tidak lagi membutuhkannya.

19.5 MENUJU REKONFIGURASI PASCA-HEGEMONI

Jika kita menganggap serius siklus penuh Arrighi, kita harus menyadari bahwa ekspansi keuangan bukanlah strategi peremajaan. Sebaliknya, itu adalah pendahuluan bagi ketidakstabilan sistem dan mungkin awal dari kekacauan. Saat kita menatap kekacauan yang muncul, kita pada dasarnya melihat saksi dari fase terakhir periode akumulasi yang panjang ini sebelum keruntuhan atau rekonfigurasi.

Menariknya, sementara hegemon sebelumnya seperti Inggris dapat mengalihkan kemunduran mereka ke kekuatan peradaban yang 'terkait' (apa yang telah digambarkan sebagai *translatio imperii*), konjungtur saat ini tampaknya berbicara tentang sesuatu yang lain.

Alih-alih penerus peradaban tunggal yang siap menyerap fungsi hegemoni Amerika, sistem global tampaknya berevolusi menjadi struktur yang kurang terpusat; apa yang secara longgar kita gambarkan sebagai multipolar atau mungkin, bahkan, multi-nodal. Dalam rekonfigurasi multipolar ini kita melihat sistem regional yang tumpang tindih, dibedakan oleh profil energi, kapasitas politik, dan orientasi peradaban.

Beberapa di antaranya mungkin akan mengembangkan sistem produksi nilai yang lebih rasional secara ekologis dan energetik yang mengintegrasikan energi dengan EROEI tinggi dengan penyediaan ekonomi dasar dan reinvestasi produktif. Sementara itu, AS tampaknya – setidaknya untuk saat ini – terjebak dalam pusaran lintasan dan prioritas EROEI rendah. Namun, pada suatu titik, AS akan menghadapi persimpangan jalan. Ia akan terpecah atau bertransformasi. Penderitaannya saat ini dalam banyak hal dapat diinterpretasikan melalui lensa terapeutik, seperti pasien yang berjuang dengan efek autoimun dari kecanduan dan kesadaran bahwa keadaan tidak dapat terus seperti sebelumnya. Kesedihan – atas hilangnya keunggulan historis – dan kecemasan akan perpindahan yang ditimbulkannya merupakan ciri khas keadaan Amerika Serikat saat ini.

Transformasi akan membutuhkan penolakan terhadap modal fiktif, penyeimbangan kembali menuju produktivitas material, dan restrukturisasi energi yang mendalam. Kepentingan pribadi elit yang mengakar dan mapan, yang telah lama diidentifikasi oleh tokoh-tokoh seperti C. Wright Mills, perlu disingkirkan. Hal itu tidak mungkin terjadi saat ini. Fragmentasi - mungkin saat ini, jalan yang lebih mungkin - akan melibatkan disintegrasi internal, regionalisasi, dan peningkatan penggunaan manajemen otoriter dalam menghadapi kemunduran.

19.6 AKHIR DARI KEKAISARAN SIMBOLIS?

Wawasan Paul Virilio bahwa "penemuan kapal juga merupakan penemuan kapal karam" adalah peringatan bukan hanya tentang teknologi tetapi juga tentang politik kecepatan. Dalam fase psikosis kapital fiktif saat ini, hiper-finansialisasi, kecepatan itu sendiri telah menjadi keharusan sistemik. Sistem perdagangan frekuensi tinggi melakukan arbitrase milidetik; produk keuangan diterbitkan hanya dengan menekan tombol; memecoin dan stablecoin beredar sebagai klaim hiperfluid tanpa ikatan dengan nilai material. Dorongan dromologis ini - pengejaran kecepatan demi kecepatan itu sendiri - mencerminkan sistem yang harus melampaui kontradiksinya. Semakin kapital fiktif terlepas dari fondasi produktif nilai riil, semakin cepat ia harus berputar agar tetap kredibel.

Namun, sirkuit transformasi material, terutama produksi energi dan investasi infrastruktur, beroperasi pada skala waktu geologis dan termodinamika. Ini memperkenalkan ketidaksesuaian temporal antara kecepatan nilai simbolis dan latensi produksi surplus energi riil. Digitalisasi keuangan dengan demikian menciptakan ilusi gerakan dan dinamisme bahkan ketika basis energi terkikis di bawahnya. Hasilnya adalah sistem yang terjebak dalam percepatan tanpa tujuan. Ini adalah relativisme keuangan yang merujuk pada diri sendiri yang merusak landasan stabil apa pun dalam ekonomi fisik.

Finansialisasi saat ini tidak lagi terbatas pada spreadsheet dan pasar; ia telah mengambil kualitas sinematik. Finansialisasi sekarang adalah Hollywood, yang hidup tidak hanya di layar bioskop atau bahkan layar perangkat genggam sebagai cuplikan hiburan. Hollywood telah menjadi *syarat mutlak* modernitas dan kekuatan lunak Amerika. Namun, kita sekarang sedang mengalami keruntuhan sebuah kerajaan simbolis. Kerajaan ini telah dipertahankan oleh ilusi dan mesin Simulakra Hiperreal, yang semakin terlepas dari kapasitas produktif atau surplus energi.

Hollywood bukan lagi sekadar industri hiburan. Ini adalah infrastruktur estetika kapitalisme keuangan Amerika. Gambaran khayalan tentang kekayaan tak terbatas, kekuasaan tak terhingga, kemahakuasaan teknologi, dan gerakan abadi bukanlah refleksi pasif dari sebuah masyarakat, melainkan komponen aktif dalam aparatus kekuatan lunak dari modal fiktif. Gambaran tersebut menyediakan mitos-mitos yang diperlukan untuk menghidupkan sentimen investor, fantasi konsumen, dan—selama beberapa dekade—legitimasi geopolitik. Hollywood bukan hanya ada di layar; ia *adalah* layar tempat dunia melihat Amerika Serikat. Alih-alih jalanan kumuh LA yang penuh dengan tunawisma dan penyalahgunaan opioid, kita melihat simulakra yang mengkilap, hiperrealistis, dan secara ideologis menggoda. Ia adalah simpul pusat dalam sebuah kerajaan simbolik, yang menghasilkan narasi yang membentuk tanda-tanda yang beredar sebagai nilai itu sendiri, memperkuat kerangka semiotik Wall Street, Silicon Valley, dan dominasi global dolar.

Namun, kerajaan simbolik ini sekarang runtuh di bawah beban hiperrealitasnya sendiri. Modal fiktif adalah ekonomi tanda-tanda yang unggul; Ini adalah permainan penilaian rekursif di mana nilai diberikan bukan oleh substansi yang mendasarinya, tetapi oleh narasi, pencitraan merek, dan viralitas. Di dunia ini, memecoin dan franchise Marvel beroperasi dengan logika yang serupa: pembangkitan kepercayaan melalui pengulangan, tontonan, dan penanggungan ketidakpercayaan. Namun, seperti yang diperingatkan Jean Baudrillard, sistem tanda yang terlepas dari tatanan sakramental realitas pada akhirnya memasuki keadaan implosi simulakral, di mana tanda-tanda tidak lagi merujuk pada apa pun selain tanda-tanda lain. Memecoin merujuk pada meme lain - bahasa 'pasangan perdagangan' menghubungkan fiksi dengan register konseptual pertukaran nilai. Di dunia ini, yang nyata, yang material, dan yang produktif menghilang. Ini tidak lagi membentuk fondasi ekonomi politik fungsional atau penyelesaian sosial.

Ini adalah tahap ouroborik kapitalisme simbolik: ular yang memakan ekornya sendiri, mengejar momentum tanpa tujuan. Dalam keputusasaannya untuk mempertahankan pergerakan, atas nama 'likuiditas', sistem ini memangsa mitosnya sendiri, menghasilkan tontonan sebagai pengganti surplus energi, berkembang pesat pada sensasi sesaat sebagai pengganti kerja keras produksi nilai guna, dan bertumpu pada nilai sinematik sebagai pengganti nilai energi. Simbol-simbol yang dulunya memproyeksikan kekuasaan kini menyembunyikan kerusakan. Oh, betapa berputarnya cacing. Dan seperti semua kerajaan ilusi yang besar, ia berakhir bukan dengan konfrontasi, tetapi dengan entropi.

AS terus berdenyut di atas ilusi kredit tak terbatas, likuiditas abadi, dan transendensi teknologi. Tetapi dunia nyata - dunia termodinamika, dunia material - telah kembali dengan

dahsyat. Kerangka SEV, ketika dipadukan dengan artikulasi *longue durée* Arrighi, mengungkapkan bahwa kemunduran Barat mendasari konjungtur kita saat ini. Mungkin, hanya mungkin, era psikosis kapital fiktif akan segera berakhir. Apa yang akan terjadi selanjutnya belum jelas. Tetapi itu tidak akan ditentukan oleh suku bunga atau sentimen keuangan. Hal itu akan ditentukan oleh fisika energi, logika sistem, dan ekonomi moral yang mengatur apa yang kita hargai, dan apa yang siap kita tinggalkan.

Momen keruntuhan peradaban ini menandai berakhirnya siklus hegemoni, dan menandai puncak dialektika ilusi dan kekuasaan yang lebih dalam. Peringatan Adorno dan Horkheimer bahwa industri budaya membuat publik pasif, terobjektifikasi, dan tidak mampu berpikir kritis kini menemukan ekspresi tertingginya dalam kompleks estetika-keuangan digital. Dalam kompleks ini, citra, simbol, dan sinyal pasar berfungsi sebagai verifikasi, mengaburkan hubungan kita dengan dunia nyata menjadi satu aliran ketidaknyataan yang terkelola.

Baudrillard pernah mengantisipasi bahwa zaman simulasi akan menggantikan substansi dengan lingkaran referensi; dan bahwa dinamika ini akan berlanjut sampai masyarakat kehilangan kemampuan untuk membedakan yang nyata dari yang representasional. Arrighi menunjukkan kepada kita bahwa finansialisasi menandai senja kekuasaan hegemonik. Kita, mungkin, sedang menyaksikan "sorakan terakhir;" Perebutan terakhir—upaya panik untuk mengambil keuntungan dari ekspansi masa lalu kapital itu sendiri. Kerangka SEV menambah diagnosis, dengan alasan bahwa tidak ada lagi cukup energi surplus untuk mendukung bahkan mesin pertunjukan itu sendiri. Sirkuit pertukaran simbolik berputar semakin cepat, terlepas dari produksi fisik dan landasan energi, hingga runtuh menjadi entropi. Pada tahap akhir ini, Barat menghadapi bukan hanya kelelahan kekaisaran, tetapi juga kelelahan kondisi yang pernah memungkinkan kekaisaran simbolik. Ini adalah pertunjukan yang melahap dirinya sendiri. Ini adalah runtuhnya kepercayaan, surplus energi, dan makna. Alasan mengapa terasa sangat kacau adalah karena ini terjadi sekaligus.

BAB 20

SELAT HORMUZ, KONFLIK IRAN-AS & REVALIDASI ENERGI SISTEMIK

20.1 PENDAHULUAN

Krisis Selat Hormuz dalam perang Iran-Amerika pada 2026 memberikan medan empiris yang kuat untuk menguji teori Nilai Tukar Sistemik atau Systemic Exchange Value (SEV). Bab-bab sebelumnya menempatkan energi sebagai dasar ontologis nilai guna, sedangkan uang, kredit, harga, dan instrumen keuangan dipahami sebagai klaim informasional atas transformasi energi-material di masa depan. Dalam kerangka tersebut, Selat Hormuz tidak dapat dibaca hanya sebagai jalur pelayaran strategis. Ia harus dipahami sebagai simpul energi global yang menghubungkan minyak, gas alam cair, asuransi pelayaran, harga komoditas, ekspektasi moneter, dan proyeksi kekuatan militer ke dalam satu konfigurasi sistemik.

Perang dan blokade di kawasan ini menunjukkan bahwa nilai tukar tidak pernah sepenuhnya otonom dari kondisi materialnya. Ketika kapal tidak dapat bergerak, minyak dan LNG tidak dapat mengalir, risiko perang masuk ke premi asuransi, dan pasar berjangka merevisi harga, maka seluruh struktur klaim keuangan dipaksa kembali berhadapan dengan realitas energi. Dengan kata lain, Selat Hormuz memperlihatkan momen revalidasi sistemik, yaitu saat klaim nilai tukar harus disesuaikan dengan kemampuan aktual sistem untuk memindahkan energi dari sumber produksi menuju titik konsumsi.

Pembahasan ini ditulis berdasarkan perkembangan yang tersedia sampai 5 Mei 2026. Konflik masih berlangsung dan beberapa klaim militer berasal dari pihak yang berkepentingan langsung, sehingga analisis ini tidak memperlakukan setiap pernyataan perang sebagai fakta final. Data yang digunakan berasal dari lembaga energi internasional, lembaga resmi, dan media kredibel. Tujuan bab ini bukan membuat kronik perang semata, melainkan menjelaskan mengapa gangguan Selat Hormuz menjadi contoh konkret tentang keterikatan nilai, energi, informasi, dan kekuasaan dalam kapitalisme global kontemporer.

Bab ini memperluas argumentasi dokumen utama melalui satu kasus geopolitik yang sedang berjalan. Bila bab sebelumnya menekankan bahwa nilai tukar adalah klaim yang bergantung pada kapasitas transformasi energi-material, maka Selat Hormuz menunjukkan bagaimana klaim itu diuji pada titik yang sangat konkret. Kapal, pelabuhan, pipa, fasilitas LNG, rudal, drone, kapal patroli, data pelacakan, dan kontrak futures tidak lagi muncul sebagai unsur yang terpisah. Semua unsur tersebut menjadi bagian dari satu sirkuit nilai yang sama, yaitu sirkuit yang memindahkan energi fisik dan mengubahnya menjadi harga, pendapatan, laba, utang, serta kekuasaan politik.

20.2 KEDUDUKAN BAB DALAM ARSITEKTUR TEORI NILAI TUKAR SISTEMIK

Kerangka SEV membedakan nilai guna dan nilai tukar secara tegas. Nilai guna merujuk pada kapasitas energi-material yang memungkinkan produksi, konsumsi, dan reproduksi

sosial. Nilai tukar merujuk pada klaim sosial, moneter, dan informasional atas nilai guna tersebut. Dalam dokumen utama, perbedaan ini digunakan untuk menunjukkan bahwa uang memiliki prioritas logis dalam produksi moneter, tetapi tidak memiliki prioritas ontologis. Produksi dapat dimulai melalui kredit dan uang, tetapi kelayakan produksi tetap ditentukan oleh energi, material, teknologi, tenaga kerja, dan organisasi informasi yang mendukungnya.

Dengan demikian, bab ini menempatkan Selat Hormuz sebagai laboratorium SEV. Ia memperlihatkan tiga proposisi utama. Pertama, nilai tukar hanya stabil jika didukung oleh kapasitas fisik untuk memindahkan dan menggunakan energi. Kedua, informasi hanya bernilai jika mampu mengurangi ketidakpastian dan menurunkan entropi koordinasi. Ketiga, kekuasaan geopolitik adalah bentuk kendali atas validasi nilai tukar, sebab negara yang menguasai jalur energi dapat memengaruhi klaim moneter, harga aset, inflasi, dan ekspektasi global.

Krisis ini juga membantu menjelaskan mengapa analisis energi tidak boleh dipisahkan dari analisis uang. Harga minyak yang naik bukan hanya akibat kelangkaan fisik dalam arti sempit. Harga itu juga memuat ketidakpastian masa depan, risiko kapal, risiko pelabuhan, risiko sanksi, risiko asuransi, dan risiko eskalasi militer. Semua risiko tersebut adalah informasi yang diterjemahkan menjadi nilai tukar. Di sinilah SEV berbeda dari teori harga yang hanya melihat penawaran dan permintaan sebagai kurva abstrak. SEV melihat harga sebagai hasil kompresi informasi atas kapasitas energi yang rentan.

20.3 SELAT HORMUZ SEBAGAI SIMPUL ENERGI-MATERIAL DUNIA

Selat Hormuz terletak di antara Iran dan Oman, menghubungkan Teluk Persia dengan Teluk Oman dan Laut Arab. IEA menjelaskan bahwa pada titik tersempitnya, selat ini hanya sekitar 29 mil laut atau 54 kilometer, dengan jalur navigasi masuk dan keluar masing-masing selebar sekitar dua mil laut serta zona penyangga dua mil. Kondisi ini menjadikan Selat Hormuz sebagai chokepoint yang secara fisik sempit, tetapi secara sistemik sangat luas dampaknya. Kecilnya ruang navigasi membuat gangguan militer, ranjau laut, serangan drone, atau ketidakpastian prosedur keamanan dapat segera mengubah kalkulasi pasar energi global.

EIA memperkirakan bahwa pada 2024, aliran minyak melalui Selat Hormuz mencapai rata-rata 20 juta barel per hari, setara dengan sekitar 20 persen konsumsi petroleum liquids global. Aliran tersebut juga mencakup lebih dari seperempat perdagangan minyak lintas laut dunia dan sekitar seperlima perdagangan LNG global, terutama dari Qatar. Data ini menunjukkan bahwa Hormuz bukan hanya jalur regional bagi negara Teluk. Ia adalah infrastruktur global yang menopang konsumsi energi, produksi industri, perdagangan, listrik, transportasi, dan stabilitas harga di banyak negara.

Signifikansi Selat Hormuz lebih dalam daripada volume perdagangan. Dalam kerangka SEV, jalur ini berfungsi sebagai kanal validasi antara nilai guna dan nilai tukar. Minyak dan gas merupakan nilai guna energi-material karena dapat menghasilkan panas, listrik, bahan bakar, bahan baku petrokimia, dan tenaga penggerak. Harga minyak, kontrak LNG, kontrak futures, premi asuransi, dan pendapatan ekspor adalah nilai tukar karena semuanya merupakan klaim

atas kemampuan energi tersebut untuk sampai ke pasar. Ketika kanal fisik terganggu, nilai tukar harus mengakui bahwa klaimnya bergantung pada jalur material yang rentan.

Kerentanan ini diperbesar oleh keterbatasan rute alternatif. EIA menyebut Arab Saudi dan Uni Emirat Arab memiliki infrastruktur pipa yang dapat menghindari Selat Hormuz, tetapi kapasitas cadangan yang tersedia diperkirakan hanya sekitar 2,6 juta barel per hari untuk mengalihkan aliran saat terjadi disruption. Kapasitas itu jauh lebih kecil dibandingkan aliran minyak harian yang biasanya melewati Hormuz. Artinya, bila gangguan berlangsung lama, pasar tidak dapat sekadar mengganti rute tanpa biaya besar. Ada batas fisik yang tidak dapat dihapus oleh harga atau kontrak.

Kondisi LNG bahkan lebih sensitif. EIA memperkirakan sekitar 83 persen LNG yang melewati Selat Hormuz pada 2024 menuju pasar Asia, dengan China, India, dan Korea Selatan sebagai tujuan utama yang bersama-sama menyerap 52 persen aliran LNG Hormuz. LNG membutuhkan rantai teknis yang lebih ketat daripada minyak mentah karena berkaitan dengan fasilitas liquefaction, kapal khusus, terminal regasifikasi, jadwal kontrak jangka panjang, dan kapasitas penyimpanan. Gangguan terhadap satu mata rantai dapat menghasilkan tekanan luas terhadap harga gas, pasokan listrik, dan biaya industri.

Tabel 20.1 Posisi Selat Hormuz Dalam Sirkuit Energi Global

Dimensi	Data utama	Makna dalam kerangka SEV
Geografi	Selat sempit antara Iran dan Oman, titik tersempit sekitar 29 mil laut atau 54 km.	Batas fisik ruang navigasi menjadi kendala material bagi aliran energi global.
Minyak	Sekitar 20 juta barel per hari pada 2024, sekitar 20 persen konsumsi petroleum liquids global.	Nilai guna energi dunia bergantung pada satu koridor yang rentan terhadap gangguan militer.
LNG	Sekitar seperlima perdagangan LNG global melewati Hormuz pada 2024, terutama dari Qatar.	Rantai gas global sangat bergantung pada transportasi khusus dan jadwal kontrak yang kaku.
Pasar tujuan	84 persen crude oil dan condensate serta 83 persen LNG Hormuz pada 2024 menuju Asia.	Dampak krisis tidak merata, dengan Asia sebagai wilayah yang paling rentan terhadap gangguan pasokan.
Rute alternatif	Kapasitas cadangan bypass Saudi dan UAE sekitar 2,6 juta barel per hari menurut EIA.	Substitusi logistik terbatas, sehingga harga tidak dapat langsung menciptakan kapasitas fisik baru.

20.4 KRISIS 2026 DAN KARAKTER PERANG ENERGI

Perkembangan konflik pada 2026 memperlihatkan bagaimana jalur energi dapat berubah menjadi medan perang langsung. U.S. Central Command menyatakan bahwa pasukannya mulai mendukung Project Freedom pada 4 Mei 2026 untuk memulihkan kebebasan navigasi komersial melalui Selat Hormuz. Associated Press melaporkan bahwa militer Amerika Serikat menembak pasukan Iran dan menenggelamkan enam kapal kecil yang

disebut menargetkan kapal sipil, sementara dua kapal dagang berbendera Amerika Serikat berhasil melewati selat dalam kerangka operasi tersebut. Iran pada saat yang sama memperingatkan bahwa kekuatan asing yang memasuki kawasan tanpa koordinasi dapat menjadi sasaran.

Reuters melaporkan bahwa sebagian besar lalu lintas kapal di Selat Hormuz masih tertahan meskipun Amerika Serikat berjanji membantu pemulihan kebebasan navigasi. Data MarineTraffic yang dikutip Reuters menunjukkan hanya satu tanker, beberapa kapal kargo, dan satu kapal kabel yang terlihat melewati kawasan pada 4 Mei 2026, sementara beberapa perusahaan pelayaran tetap menilai transit belum aman karena prosedur jalur aman belum jelas. Fakta ini penting karena menunjukkan bahwa operasi militer tidak otomatis menghasilkan pemulihan ekonomi. Pasar membutuhkan bukti keamanan berulang, bukan hanya deklarasi politik.

Associated Press juga melaporkan bahwa Uni Emirat Arab menyatakan pertahanan udaranya menghadapi 15 rudal dan empat drone Iran, dengan salah satu drone memicu kebakaran di fasilitas minyak Fujairah. Fujairah memiliki posisi strategis karena menjadi akses laut utama UAE di luar Selat Hormuz dan menjadi simpul penyimpanan minyak. Serangan pada lokasi seperti Fujairah memperluas krisis dari persoalan transit menjadi persoalan infrastruktur energi. Bila terminal, pipa, atau fasilitas penyimpanan ikut menjadi sasaran, sistem tidak hanya kehilangan jalur pengangkutan, tetapi juga kehilangan fleksibilitas logistik.

Perang Iran-Amerika dalam konteks ini dapat disebut sebagai perang energi dalam pengertian sistemik. Istilah ini tidak berarti bahwa seluruh motif perang hanya minyak atau gas. Istilah ini menunjuk pada fakta bahwa energi menjadi sarana tekanan, sumber leverage, dan objek perlindungan militer. Iran menggunakan posisi geografisnya untuk meningkatkan biaya akses energi global. Amerika Serikat menggunakan kemampuannya untuk mempertahankan keterbukaan jalur yang menopang ekonomi global. Negara Teluk berusaha menjaga fasilitas produksi dan ekspor. Pasar keuangan menerjemahkan semuanya menjadi harga, risiko, dan ekspektasi.

Dari sudut pandang SEV, perang seperti ini memperlihatkan bahwa nilai tukar adalah struktur klaim yang rapuh karena harus melewati medan geopolitik. Kontrak pengiriman LNG, kontrak ekspor minyak, atau obligasi perusahaan energi tampak sebagai instrumen keuangan, tetapi validitasnya bergantung pada kemampuan kapal untuk bergerak, pelabuhan untuk beroperasi, dan negara untuk mengelola risiko perang. Ketika perang mengganggu syarat-syarat material tersebut, instrumen keuangan harus dinilai ulang.

20.5 DARI GANGGUAN FISIK KE PENURUNAN AEP DAN EROEI SISTEMIK

Dalam bab sebelumnya, kelimpahan dipahami sebagai Energi Potensial yang Tersedia atau Available Energy in Potential (AEP). Konsep ini menekankan bahwa surplus energi bukan stok pasif, tetapi kapasitas yang dapat digunakan untuk kerja produktif sebelum hilang melalui disipasi entropi. Gangguan Hormuz mengurangi AEP sistemik karena sebagian energi tetap berada di titik produksi atau tertahan dalam kapal dan terminal, sementara sistem konsumsi membutuhkan energi itu untuk listrik, transportasi, produksi industri, dan kegiatan

sosial sehari-hari.

Penurunan AEP tidak selalu berarti cadangan minyak atau gas hilang secara fisik. Cadangan bisa tetap ada, tetapi tidak tersedia pada waktu, tempat, dan biaya yang dibutuhkan. Ini adalah poin penting dalam SEV. Nilai guna energi tidak hanya ditentukan oleh kandungan energi di dalam barel minyak atau molekul gas. Nilai guna juga ditentukan oleh aksesibilitas, waktu pengiriman, keamanan jalur, kapasitas penyimpanan, dan biaya koordinasi. Ketika semua faktor itu memburuk, energi yang secara geologis ada berubah menjadi energi yang secara sistemik kurang tersedia.

Disrupsi Hormuz juga menurunkan EROEI sistemik melalui dua jalur. Pertama, biaya energi langsung meningkat karena kapal harus menunggu lebih lama, mengambil rute alternatif, bergerak dengan pengawalan militer, atau menghadapi prosedur keamanan tambahan. Kedua, biaya energi tidak langsung meningkat melalui premi asuransi, biaya modal kerja, biaya penyimpanan, risiko keterlambatan kontrak, dan kebutuhan cadangan strategis. Output energi yang sama membutuhkan input energi, informasi, dan uang yang lebih besar. Rasio pengembalian energi terhadap energi yang diinvestasikan karena itu menurun.

20.6 DAMPAK NILAI TUKAR PADA MINYAK & ASURANSI

Reaksi pasar pada Mei 2026 memperlihatkan mekanisme revalidasi nilai tukar secara cepat. Reuters melaporkan bahwa harga minyak sempat naik tajam pada sesi sebelumnya, kemudian Brent untuk pengiriman Juli turun 0,6 persen menjadi 113,76 dolar AS per barel dan WTI turun 1,5 persen menjadi 104,83 dolar AS per barel pada 5 Mei 2026 setelah ada tanda Amerika Serikat mulai melonggarkan penutupan Hormuz melalui pengawalan kapal. Angka ini memperlihatkan bahwa harga tidak hanya merespons pasokan aktual, tetapi juga probabilitas pembukaan jalur dan kredibilitas keamanan transit.

Reuters juga mengutip analisis yang menilai keberhasilan satu kapal Maersk keluar dari Teluk membantu meredakan sebagian ketakutan jangka pendek, tetapi belum dapat dianggap sebagai pembukaan penuh Selat Hormuz. Pernyataan ini penting secara teoritis. Nilai tukar tidak kembali stabil hanya karena satu transaksi berhasil. Pasar membutuhkan validasi berulang bahwa jalur dapat digunakan secara konsisten. Dalam bahasa SEV, satu kapal yang berhasil transit belum cukup untuk mengembalikan AEP sistemik karena kapasitas sistem harus terbukti berkelanjutan, bukan hanya sesaat.

Dalam kerangka neoklasik, kenaikan harga biasanya dijelaskan melalui pergeseran penawaran dan permintaan. Kerangka SEV menambahkan penjelasan yang lebih dalam. Harga naik karena pasar menilai bahwa energi yang tersedia dalam potensi menurun, EROEI sistemik memburuk, dan klaim atas pasokan masa depan menjadi kurang pasti. Harga bukan sekadar angka keseimbangan, melainkan sinyal yang merangkum biaya entropi, risiko kekuasaan, dan ketidakpastian informasi.

Premi asuransi pelayaran merupakan contoh konkret nilai tukar bersyarat. Asuransi bukan minyak, bukan kapal, dan bukan energi fisik. Namun, asuransi menentukan apakah kapal berani bergerak dan apakah bank mau membiayai pengiriman. Ketika risiko perang meningkat, premi asuransi naik dan biaya energi akhir ikut meningkat. Kenaikan itu

memperlihatkan bahwa nilai tukar bersyarat dapat mengubah nilai guna. Energi yang sama menjadi lebih mahal dan kurang tersedia karena klaim finansial yang menanggung risikonya berubah.

20.7 UANG, DOLAR, DAN DISIPLIN LIKUIDITAS DALAM KRISIS ENERGI

Krisis Hormuz memperjelas bahwa uang bukan sekadar tabir netral atas ekonomi riil. Ketika harga minyak naik tajam, negara pengimpor membutuhkan lebih banyak dolar untuk membeli jumlah energi yang sama. Perusahaan pelayaran membutuhkan lebih banyak modal kerja untuk membayar asuransi dan penundaan. Bank memperketat pembiayaan karena risiko kontrak meningkat. Konsumen akhirnya menghadapi tekanan biaya hidup. Rangkaian ini menunjukkan bahwa uang bekerja sebagai klaim yang mengatur akses terhadap energi, bukan hanya alat hitung pasif.

Dolar memiliki posisi khusus karena perdagangan minyak global, pembiayaan kapal, asuransi, dan kontrak energi banyak dihitung dalam dolar. Pada saat krisis, permintaan dolar dapat meningkat karena perusahaan dan negara perlu memenuhi kewajiban pembayaran energi. Ini memperkuat dimensi moneter dari krisis energi. Negara yang memiliki cadangan devisa besar lebih mampu menyerap kenaikan harga sementara negara dengan neraca pembayaran rapuh menghadapi risiko depresiasi mata uang dan inflasi impor.

Krisis Hormuz juga memperlihatkan bagaimana kedaulatan moneter memiliki batas. Negara yang menerbitkan mata uang sendiri dapat membiayai subsidi energi atau dukungan industri, tetapi tidak dapat mencetak barel minyak yang tertahan di balik selat. Uang dapat menggeser distribusi beban, membeli waktu, dan mengorganisasi respons. Uang tidak dapat menghapus kendala fisik jika energi tidak tersedia. Ini sejalan dengan proposisi SEV bahwa nilai tukar memiliki prioritas logis dalam ekonomi moneter, tetapi nilai guna energi- material tetap menjadi fondasi ontologis.

20.8 INFORMASI, KETIDAKPASTIAN, DAN ENTROPI PELAYARAN

Bab sebelumnya menempatkan informasi sebagai proses energetik yang hanya bernilai jika mampu mengurangi entropi sistem. Krisis Hormuz menjadi contoh yang jelas. Data pelacakan kapal, peringatan keamanan, pengumuman militer, laporan media, citra satelit, dan sinyal pasar semuanya memengaruhi apakah kapal bergerak atau berhenti. Informasi yang akurat dapat mengurangi biaya koordinasi. Informasi yang ambigu, terlambat, atau politis dapat meningkatkan ketidakpastian dan memperbesar biaya energi tidak langsung.

Dalam pelayaran modern, Automatic Identification System atau AIS memberi data posisi kapal, tetapi data posisi saja tidak cukup untuk menjamin keamanan. Kapal perlu mengetahui apakah jalur bebas ranjau, apakah pengawalan militer tersedia, apakah perusahaan asuransi mengakui prosedur keamanan, dan apakah pelabuhan tujuan dapat menerima kargo. Ketika informasi tersebut tidak jelas, keputusan rasional bagi banyak perusahaan adalah menunggu. Keputusan menunggu inilah yang mengubah ketidakpastian informasi menjadi penurunan AEP.

Reuters melaporkan bahwa beberapa perusahaan pelayaran tetap tidak melihat

peningkatan lalu lintas setelah janji Amerika Serikat membantu pemulihan navigasi, dan Hapag-Lloyd menilai transit masih tidak mungkin karena kurangnya kejelasan prosedur aman. Pernyataan ini menunjukkan nilai ekonomi dari kejelasan informasi. Operasi militer dapat membuka satu jalur, tetapi bila protokol tidak diterima oleh perusahaan, asuransi, dan awak kapal, maka jalur tersebut belum sepenuhnya menjadi nilai guna logistik.

Dalam kerangka SEV, data yang layak adalah data yang memperbaiki rasio EROEI informasi. Informasi membutuhkan biaya produksi, distribusi, verifikasi, dan interpretasi. Ia baru bernilai bila mengurangi pemborosan, mempercepat koordinasi, dan meningkatkan keamanan keputusan. Informasi yang hanya menambah kepanikan tanpa memperjelas tindakan merupakan beban entropi. Pada krisis Hormuz, perbedaan antara informasi yang layak dan informasi yang merusak menjadi sangat menentukan.

20.9 HEGEMONI AMERIKA SERIKAT DAN BATAS KEKUASAAN ENERGI

Bab sebelumnya telah membahas fase terminal hegemoni Amerika Serikat melalui finansialisasi, penurunan EROEI, dan ketegangan antara kekuatan moneter dengan basis materialnya. Selat Hormuz menambahkan dimensi geopolitik yang tajam. Amerika Serikat memiliki kapasitas militer besar untuk memproyeksikan kekuatan, tetapi stabilitas energi global tidak dapat dijamin hanya dengan superioritas militer. Kapal dagang tetap memerlukan keyakinan komersial, asuransi, prosedur keamanan, dan kepastian bahwa ancaman dapat dikendalikan secara berkelanjutan.

Dari sudut pandang Iran, Selat Hormuz adalah bentuk leverage asimetris. Iran tidak perlu mengalahkan Amerika Serikat secara konvensional untuk memengaruhi ekonomi global. Cukup dengan menaikkan risiko transit, Iran dapat mengubah harga minyak, menekan negara pengimpor, memperumit perhitungan perusahaan pelayaran, dan memaksa negosiasi diplomatik. Ini adalah contoh bagaimana kendali atas titik sempit material dapat menghasilkan pengaruh besar terhadap nilai tukar global.

Situasi ini memperlihatkan kontradiksi hegemoni energi modern. Amerika Serikat berupaya mempertahankan keterbukaan jalur energi global, tetapi tindakannya juga dapat dipandang sebagai eskalasi oleh pihak lain. Reuters melaporkan bahwa Amerika Serikat dan negara-negara Arab Teluk menyusun rancangan resolusi PBB yang meminta Iran menghentikan serangan terhadap pelayaran niaga, upaya penarikan biaya transit, peletakan ranjau laut, dan agar Iran mengungkapkan lokasi ranjau. Upaya diplomatik ini menunjukkan bahwa kekuatan militer tetap membutuhkan validasi hukum dan institusional agar dapat diterima sebagai mekanisme stabilisasi.

20.10 DAMPAK BAGI ASIA, EROPA, DAN EKONOMI GLOBAL

Krisis Hormuz memiliki dampak global yang tidak merata. EIA memperkirakan 84 persen crude oil dan condensate serta 83 persen LNG yang melewati Selat Hormuz pada 2024 menuju pasar Asia. China, India, Jepang, dan Korea Selatan menjadi tujuan utama crude oil dari Hormuz menuju Asia dan bersama-sama menyerap 69 persen aliran crude oil dan condensate Hormuz pada 2024. Data ini menunjukkan bahwa risiko energi Timur Tengah

secara langsung menjadi risiko industri Asia.

Bagi negara industri Asia, kenaikan harga energi dapat menurunkan margin manufaktur, memperlemah neraca perdagangan, meningkatkan inflasi, dan mengganggu jadwal produksi. Jepang dan Korea Selatan sangat sensitif terhadap LNG karena gas menjadi bagian penting dalam pembangkitan listrik dan industri. China dan India menghadapi tekanan melalui kebutuhan minyak transportasi, petrokimia, dan produksi. Ketika harga energi naik, biaya ekspor manufaktur ikut berubah, sehingga guncangan Hormuz dapat berpindah dari pasar energi ke rantai pasok global.

IEA melaporkan bahwa kondisi pasar gas berubah tajam pada Maret 2026 setelah konflik Timur Tengah menyebabkan penutupan de facto Selat Hormuz bagi kargo LNG. Produksi LNG global turun 8 persen secara tahunan, dengan penurunan tajam ekspor dari Qatar dan UAE yang hanya sebagian diimbangi oleh peningkatan output dari wilayah lain. Informasi ini menunjukkan bahwa gangguan Hormuz bukan hanya risiko hipotetis. Ia telah memengaruhi produksi LNG global dan memperlambat pengiriman dalam rantai pasok internasional.

Amerika Serikat memiliki ketahanan yang berbeda karena produksi domestik dan impor dari Kanada lebih besar. EIA mencatat bahwa pada 2024 Amerika Serikat mengimpor sekitar 0,5 juta barel per hari crude oil dan condensate dari negara Teluk melalui Selat Hormuz, setara sekitar 7 persen impor crude oil dan condensate Amerika Serikat dan 2 persen konsumsi petroleum liquids Amerika Serikat. Namun, keterpaparan langsung yang lebih kecil bukan berarti Amerika Serikat bebas dampak. Harga minyak global tetap memengaruhi harga bahan bakar, inflasi, pasar saham, dan kebijakan luar negeri.

20.11 SKENARIO PERKEMBANGAN KRISIS DAN PEMBACAAN SISTEMIK

Karena konflik masih berlangsung, analisis yang bertanggung jawab perlu membedakan fakta yang telah dilaporkan dari skenario yang mungkin terjadi. Skenario bukan ramalan pasti. Skenario adalah alat untuk membaca bagaimana perubahan kondisi material dapat mengubah nilai tukar. Dalam kasus Hormuz, setidaknya ada empat jalur perkembangan yang perlu diperhatikan, yaitu pembukaan terbatas, blokade parsial yang berkepanjangan, eskalasi menuju penutupan luas, dan deeskalasi melalui perjanjian keamanan maritim.

Skenario pertama adalah pembukaan terbatas melalui pengawalan militer. Dalam skenario ini, beberapa kapal berhasil melewati selat, tetapi perusahaan pelayaran tetap selektif. Harga minyak dapat turun dari puncaknya, tetapi tetap mengandung premi risiko tinggi. Ini mirip dengan kondisi yang dilaporkan Reuters saat satu kapal Maersk berhasil keluar dari Teluk, tetapi analisis menilai kejadian itu belum cukup disebut pembukaan penuh. Dalam SEV, AEP pulih sebagian, tetapi EROEI sistemik tetap rendah karena biaya keamanan, asuransi, dan keterlambatan masih besar.

Skenario kedua adalah blokade parsial yang berkepanjangan. Kapal tertentu dapat lewat, tetapi volume transit jauh di bawah kondisi normal. Reuters melaporkan pada 4 Mei 2026 bahwa tidak ada tanda peningkatan lalu lintas kapal, dengan hanya satu tanker dan beberapa kapal lain yang melewati kawasan. Jika kondisi seperti ini berlangsung, pasar energi

menghadapi kekurangan bertahap. Dampaknya dapat lebih berbahaya daripada guncangan singkat karena perusahaan harus menyusun ulang kontrak, logistik, dan pembiayaan dalam keadaan ketidakpastian yang panjang.

Skenario ketiga adalah eskalasi menuju penutupan luas. Ini dapat terjadi bila serangan terhadap kapal dan fasilitas energi meningkat, ranjau laut menyebar, atau salah satu pihak menargetkan pelabuhan utama. Dalam skenario ini, harga minyak dan LNG dapat melonjak, cadangan strategis digunakan, bank sentral menghadapi tekanan inflasi, dan ekonomi pengimpor energi berisiko mengalami defisit neraca berjalan lebih besar. Dalam SEV, kondisi ini menunjukkan dekoupling ekstrem antara klaim nilai tukar dan kapasitas aktual sistem untuk menyediakan energi.

Tabel 20.2 Skenario Krisis Hormuz Dan Implikasinya Terhadap SEV

Skenario	Ciri utama	Dampak energi	Dampak nilai tukar
Pembukaan terbatas	Sebagian kapal lewat dengan pengawalan militer dan prosedur keamanan ketat.	AEP pulih sebagian, tetapi biaya energi tidak langsung tetap tinggi.	Harga turun terbatas, premi risiko tetap melekat.
Blokade parsial berkepanjangan	Volume transit rendah, perusahaan pelayaran menunggu kejelasan.	Pasokan global menegang bertahap dan stok menurun.	Kontrak energi, asuransi, dan pembiayaan perdagangan dinilai ulang.
Eskalasi luas	Serangan terhadap kapal, ranjau, atau infrastruktur energi meningkat.	EROEI sistemik turun tajam dan cadangan strategis digunakan.	Harga energi melonjak, inflasi meningkat, dan aset berisiko tertekan.
Deeskalasi diplomatik	Protokol transit, pembersihan ranjau, dan jaminan keamanan diterima pasar.	Kapasitas transit pulih dan keterlambatan berkurang.	Premi risiko menurun, tetapi memori risiko tetap memengaruhi investasi.

20.12 SISTEMIK & KETAHANAN ENERGI

Krisis Hormuz menunjukkan bahwa ketahanan energi tidak dapat dibangun hanya dengan menambah cadangan minyak atau memperbesar anggaran militer. Ketahanan energi harus dipahami sebagai kemampuan sistem untuk menjaga AEP dan EROEI dalam kondisi gangguan. Ini mencakup diversifikasi sumber energi, diversifikasi rute, kapasitas penyimpanan, fleksibilitas permintaan, efisiensi industri, dan kualitas informasi. Negara yang hanya memiliki pasokan tetapi tidak memiliki logistik aman tetap rentan. Negara yang hanya memiliki uang tetapi tidak memiliki akses energi juga rentan.

Dalam kerangka SEV, solusi jangka panjang harus meningkatkan AEP dan EROEI sistemik. Energi terbarukan, efisiensi industri, elektrifikasi transportasi, jaringan listrik yang tangguh, penyimpanan energi, dan manajemen permintaan dapat mengurangi ketergantungan pada chokepoint minyak dan LNG. Akan tetapi, transisi energi tidak boleh

dibaca secara romantis. Infrastruktur energi terbarukan juga membutuhkan mineral kritis, jaringan transmisi, teknologi penyimpanan, dan investasi besar. Ia memindahkan sebagian risiko dari chokepoint minyak ke rantai pasok mineral dan teknologi.

Karena itu, pelajaran utama bukan sekadar mengganti minyak dengan energi lain. Pelajaran utamanya adalah membangun sistem dengan banyak jalur, banyak sumber, dan banyak mekanisme penyesuaian. Sistem yang hanya bergantung pada satu koridor energi akan rapuh walaupun harga normal tampak rendah. Sistem yang memiliki alternatif memang mungkin tampak lebih mahal dalam kondisi tenang, tetapi memiliki nilai guna strategis ketika krisis terjadi. SEV membantu menilai biaya ini sebagai investasi pengurangan entropi, bukan pemborosan.

20.13 IMPLIKASI TEORETIS BAGI NILAI TUKAR SISTEMIK

Krisis Hormuz memperkuat proposisi dasar SEV bahwa tidak ada perluasan nilai tukar yang berkelanjutan tanpa validasi oleh transformasi energi yang terealisasi menjadi nilai guna. Pasar dapat menciptakan kontrak futures, opsi, kredit perdagangan, dan instrumen lindung nilai. Akan tetapi, ketika kapal tidak bergerak dan energi tidak sampai ke pengguna, instrumen tersebut harus disesuaikan. Penyesuaian ini dapat berupa kenaikan harga, pembatalan kontrak, peningkatan margin, penurunan nilai aset, atau perubahan kebijakan pemerintah.

Kasus ini juga memperjelas bahwa nilai guna tidak bersifat statis. Minyak di sumur, minyak di kapal, minyak di terminal, dan minyak di kilang memiliki status nilai guna yang berbeda. Semua mengandung energi, tetapi tingkat ketersediaannya berbeda. SEV perlu menekankan dimensi aksesibilitas dalam nilai guna. Nilai guna energi adalah fungsi dari kandungan energi, teknologi konversi, infrastruktur, keamanan, waktu, dan legitimasi institusional. Hormuz memperlihatkan bahwa satu variabel geopolitik dapat menurunkan nilai guna operasional tanpa mengubah kandungan fisik energi.

Kasus ini juga memberi kritik terhadap keyakinan substitusi tak terbatas. Teori harga dapat mengatakan bahwa kenaikan harga akan mendorong pasokan alternatif. Dalam jangka panjang, hal itu mungkin terjadi. Dalam jangka pendek, pipa, terminal LNG, kapal khusus, kilang, cadangan, dan jaringan listrik tidak dapat muncul hanya karena harga naik. Hormuz membuktikan bahwa substitusi memiliki batas waktu dan batas infrastruktur. Harga dapat memberi sinyal, tetapi tidak dapat secara instan menciptakan kapasitas energi-material.

Terakhir, krisis ini menunjukkan bahwa geopolitik adalah bagian dari teori nilai, bukan variabel luar. Nilai tukar global tidak hanya dibentuk oleh preferensi konsumen dan produktivitas perusahaan. Ia juga dibentuk oleh siapa yang menguasai jalur, siapa yang mampu memberi jaminan keamanan, siapa yang dapat mengenakan sanksi, dan siapa yang dapat bertahan dari kenaikan harga. Teori nilai yang mengabaikan kekuasaan geopolitik akan gagal membaca momen-momen ketika nilai tukar dipaksa kembali pada basis materialnya.

20.14 INDONESIA & PERDAGANGAN ENERGI HORMUZ

Bagi Indonesia, krisis Selat Hormuz tidak dapat dibaca sebagai peristiwa regional yang jauh dari struktur ekonomi domestik. Selat ini menjadi simpul eksternal yang menghubungkan

minyak mentah, produk BBM, LPG, biaya pelayaran, premi asuransi, kurs, dan ruang fiskal nasional. EIA memperkirakan bahwa pada 2024 sekitar 20 juta barel per hari minyak dan produk petroleum melewati Selat Hormuz, setara dengan sekitar 20 persen konsumsi petroleum liquids global, sementara sekitar seperlima perdagangan LNG global juga melewati jalur tersebut. Karena sebagian besar aliran energi Hormuz bergerak ke Asia, gangguan di selat ini akan menekan negara-negara Asia melalui harga, waktu pengiriman, dan ketidakpastian kontrak. Dalam kerangka SEV, efek tersebut menunjukkan bahwa nilai tukar domestik Indonesia tetap bergantung pada akses terhadap nilai guna energi yang diproduksi, dikapalkan, dan diamankan di luar wilayah nasional.

Ketergantungan Indonesia tampak jelas pada struktur impor. BPS mencatat bahwa total impor Indonesia pada 2024 mencapai Rp.2.351.996 triliun, dengan impor migas sebesar Rp.362.768 triliun dan impor nonmigas sebesar Rp.1.989.228 triliun. Dengan komposisi itu, migas menyumbang sekitar 15,43 persen dari nilai impor nasional. Angka ini penting karena impor migas bukan sekadar transaksi perdagangan, melainkan kanal masuk energi material yang menopang transportasi, industri, listrik, logistik, dan konsumsi rumah tangga. Ketika harga minyak atau LPG berubah karena risiko Hormuz, Indonesia tidak hanya menghadapi kenaikan biaya komoditas, tetapi juga menghadapi perubahan harga input yang menyebar ke sistem produksi nasional.

Kerentanan tersebut diperkuat oleh penurunan kapasitas produksi minyak domestik dalam jangka panjang. Reuters melaporkan bahwa produksi minyak Indonesia telah turun ke bawah 600.000 barel per hari dari puncak sekitar 1,6 juta barel per hari pada dekade 1990-an, sementara konsumsi minyak telah meningkat menjadi sekitar 1,5 juta barel per hari. Selisih antara konsumsi dan produksi ini menciptakan ruang impor yang harus ditutup melalui pasar internasional. Dalam bahasa SEV, Indonesia tidak lagi sepenuhnya menghasilkan AEP energi cair dari basis domestiknya, sehingga sebagian besar kapasitas kerja transportasi dan industri harus divalidasi oleh energi impor. Gangguan Hormuz karena itu menekan bukan hanya neraca perdagangan, tetapi juga kemampuan sistem domestik untuk mempertahankan throughput energi yang stabil.

Jalur LPG membuat risiko tersebut semakin sosial dan politis. Reuters mencatat bahwa Indonesia mengimpor 6,9 juta ton LPG dari pasar domestik sebesar 8,7 juta ton, sementara produksi domestik hanya sekitar 1,7 juta ton per tahun. LPG 3 kg adalah bahan bakar rumah tangga yang sensitif karena menyentuh biaya memasak harian dan daya beli kelompok berpendapatan rendah. Bila pasokan atau harga LPG terganggu, tekanan tidak berhenti pada neraca energi, tetapi bergerak ke inflasi rumah tangga, stabilitas sosial, dan kewajiban fiskal pemerintah. Di sini, LPG menjadi contoh nilai guna energi yang secara langsung menopang reproduksi sosial, bukan hanya akumulasi industri.

Mekanisme transmisi fiskal bekerja melalui subsidi dan kompensasi energi. Kementerian ESDM menjelaskan bahwa pemerintah mempertahankan subsidi solar Rp1.000 per liter pada 2025 karena mempertimbangkan dampak sosial dan ekonomi dari kenaikan harga BBM, serta mengalokasikan Rp90,22 triliun untuk subsidi listrik pada 2025. IESR juga mencatat bahwa subsidi energi tetap menjadi salah satu komponen besar APBN, dengan

alokasi energi yang mencakup listrik, LPG rumah tangga, dan BBM, serta berada di atas Rp200 triliun pada 2025 dan 2026. Artinya, ketika harga energi internasional naik, pemerintah menghadapi pilihan sulit antara membiarkan harga domestik naik atau menyerap tekanan melalui APBN. Dalam kerangka SEV, subsidi adalah instrumen nilai tukar publik yang digunakan negara untuk menunda revalidasi harga energi terhadap masyarakat.

Tekanan berikutnya muncul melalui kurs dan devisa. Impor migas dibayar dalam dolar AS, sedangkan sebagian besar pendapatan rumah tangga dan transaksi domestik berlangsung dalam rupiah. Ketika harga minyak dan LPG naik bersamaan dengan tekanan terhadap rupiah, biaya riil impor energi dapat meningkat lebih besar daripada kenaikan harga komoditas dalam dolar. Kondisi ini memperlihatkan keterkaitan antara energi, uang, dan informasi yang menjadi pusat teori SEV. Rupiah berfungsi sebagai klaim domestik atas barang dan jasa, tetapi klaim tersebut harus berinteraksi dengan dolar sebagai klaim internasional atas energi dan komoditas strategis. Dengan demikian, krisis Hormuz dapat mengubah hubungan antara nilai tukar moneter dan kemampuan sistem Indonesia memperoleh energi.

Dampak tidak langsung juga dapat masuk melalui sektor pangan dan logistik. BBM menentukan biaya angkutan antarpulau, distribusi bahan pokok, operasi alat pertanian, pendinginan rantai pasok, serta biaya produksi pupuk dan petrokimia. Ketika harga energi naik, produsen tidak selalu dapat segera mengganti teknologi, rute, atau bahan bakar. Akibatnya, sebagian beban biaya bergerak ke harga konsumen, sebagian ditekan oleh margin usaha, dan sebagian ditahan oleh negara melalui subsidi atau intervensi harga. Dalam kerangka SEV, ini adalah bentuk revalidasi bertahap antara energi material dan nilai tukar barang konsumsi. Harga pangan menjadi salah satu tempat energi global diterjemahkan ke dalam tekanan sosial domestik.

Respons mitigasi Indonesia telah bergerak ke diversifikasi sumber. Reuters melaporkan pada Maret 2026 bahwa Indonesia berencana meningkatkan impor minyak mentah dari Amerika Serikat untuk menggantikan sebagian pasokan Timur Tengah, sementara sekitar seperempat impor minyak mentah dan sekitar 30 persen impor LPG Indonesia berasal dari Timur Tengah. Strategi ini masuk akal sebagai mitigasi jangka pendek karena mengurangi ketergantungan pada satu koridor geopolitik. Namun, diversifikasi tidak boleh dibaca sebagai solusi tanpa biaya. Minyak dari wilayah berbeda memiliki karakteristik kualitas yang berbeda, membutuhkan kecocokan kilang, waktu pelayaran lebih panjang, kontrak baru, biaya logistik tambahan, dan pengaturan stok yang lebih besar. Dengan kata lain, pasar dapat menawarkan pasokan alternatif, tetapi infrastruktur menentukan seberapa cepat alternatif itu dapat menjadi nilai guna operasional.

Kapasitas cadangan menjadi batas penting lain. Laporan Argus pada Maret 2026 mencatat pernyataan Menteri ESDM bahwa cadangan BBM Indonesia cukup sekitar 20 hari, sedangkan pemerintah mulai mengalihkan sebagian impor dari Timur Tengah ke sumber yang lebih aman, termasuk Amerika Serikat. Informasi ini harus dibaca secara hati-hati karena angka cadangan bukan hanya indikator ketersediaan pasokan, tetapi juga indikator kapasitas penyimpanan nasional. Jika gangguan berlangsung lebih lama daripada buffer operasional, negara harus mempercepat substitusi pasokan, mengatur distribusi, atau menyesuaikan

konsumsi. Dalam kerangka SEV, cadangan adalah AEP yang telah didekatkan ke ruang nasional dan siap dikonversi menjadi kerja sosial. Makin kecil cadangan, makin cepat negara dipaksa menghadapi revalidasi nilai tukar energi.

Pilihan strategis Indonesia karena itu harus melampaui respons ad hoc. Pertama, Indonesia perlu memperbesar cadangan dan kapasitas penyimpanan BBM serta LPG agar shock eksternal tidak segera berubah menjadi tekanan distribusi domestik. Kedua, Indonesia perlu memperkuat kontrak pasokan lintas wilayah, termasuk Timur Tengah, Amerika Serikat, Afrika Barat, dan pasar regional Asia, tanpa mengabaikan kesesuaian teknis kilang. Ketiga, Indonesia perlu mempercepat peningkatan produksi domestik LPG, gas, biofuel, energi terbarukan, dan elektrifikasi transportasi secara realistis. Keempat, subsidi energi harus diarahkan lebih tepat sasaran agar APBN tidak menjadi satu-satunya penyerap risiko global. Kelima, kebijakan energi harus ditempatkan bersama kebijakan industri, pangan, transportasi, dan kurs karena energi bekerja sebagai input sistemik.

Kesalahan analitis yang perlu dihindari adalah menganggap Indonesia aman hanya karena tidak berada di tepi Selat Hormuz. Jarak geografis tidak menghapus ketergantungan sistemik. Indonesia dapat berada jauh dari selat secara fisik, tetapi dekat secara ekonomi melalui harga minyak, LPG, dolar, kapal tanker, asuransi, dan kontrak pasokan. Sebaliknya, kesimpulan yang terlalu alarmis juga perlu dihindari. Indonesia masih memiliki ruang mitigasi melalui diversifikasi, cadangan, kebijakan fiskal, diplomasi energi, dan peningkatan produksi domestik. Posisi yang paling tepat adalah membaca Hormuz sebagai pengingat bahwa ketahanan energi Indonesia bukan hanya soal jumlah barel atau ton LPG, tetapi soal kemampuan sistem nasional menjaga hubungan antara energi material, nilai tukar, dan stabilitas sosial ketika jalur global terganggu.

Dengan demikian, Indonesia dalam krisis Hormuz berada pada persimpangan antara perdagangan energi dan kedaulatan sistemik. Selama energi impor tetap menjadi bagian besar dari metabolisme ekonomi nasional, nilai tukar rupiah, APBN, inflasi, dan daya beli akan tetap sensitif terhadap gangguan energi global. SEV membantu menjelaskan bahwa persoalan ini tidak dapat diselesaikan oleh harga pasar saja, karena harga hanya memberi sinyal setelah keterbatasan material muncul. Yang diperlukan adalah arsitektur ketahanan yang menggabungkan diversifikasi sumber, kapasitas cadangan, investasi produksi domestik, efisiensi permintaan, dan perlindungan sosial yang presisi. Dalam konteks itu, Hormuz bukan sekadar krisis eksternal, tetapi cermin dari seberapa jauh sistem Indonesia mampu mengubah energi menjadi nilai guna tanpa kehilangan stabilitas nilai tukarnya.

20.15 BLOKADE DATA HORMUZ: KABEL BAWAH LAUT, CLOUD, DAN AI

Perkembangan terbaru di Selat Hormuz menunjukkan bahwa chokepoint ini tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai jalur minyak, LNG, dan kapal tanker. Ia juga menjadi koridor data, karena kabel serat optik bawah laut melewati ruang laut yang sama dengan rute pelayaran energi. Reuters melaporkan bahwa Iran telah memperingatkan kerentanan kabel bawah laut di Selat Hormuz, sementara kabel-kabel tersebut menopang layanan cloud, komunikasi daring, dan transaksi digital lintas negara. Dengan demikian, konflik Hormuz

menampilkan bentuk revalidasi sistemik yang lebih luas: nilai tukar tidak hanya diuji oleh kemampuan memindahkan energi fisik, tetapi juga oleh kemampuan mempertahankan arus informasi yang mengoordinasikan uang, logistik, perbankan, dan komputasi.

Narasi media sosial yang menjadi dasar pembaruan bab ini menyebut rencana Iran untuk mengambil kendali atas tujuh kabel internet bawah laut, 17 sistem serat optik, dan sekitar 30 persen lalu lintas internet internasional yang menghubungkan Eropa, Teluk, dan Asia. Klaim tersebut perlu dipilah secara hati-hati. Angka 17 sistem dan estimasi 30 persen lalu lintas regional mendapatkan dukungan dari laporan WIRED Middle East yang mengutip Kristian Coates Ulrichsen dari Rice University bahwa 17 sistem kabel membawa sekitar 30 persen lalu lintas internet antara Eropa, Asia, dan Timur Tengah. Namun, angka tujuh kabel yang secara spesifik akan dikendalikan Iran belum dapat diperlakukan sebagai fakta final tanpa konfirmasi independen. Karena itu, naskah ini menggunakan klaim tersebut sebagai sinyal politik dan skenario risiko, bukan sebagai data definitif.

Basis empiris yang lebih kuat terlihat pada laporan Iran International tentang media yang berafiliasi dengan IRGC. Laporan itu menyebut bahwa Tasnim dan Fars mendorong gagasan biaya izin awal, biaya perpanjangan tahunan, kewajiban perusahaan teknologi besar beroperasi di bawah hukum Iran, serta pemberian hak eksklusif pemeliharaan dan perbaikan kabel kepada perusahaan Iran. Usulan tersebut tidak sama dengan sabotase langsung, tetapi ia menggeser medan konflik dari penghancuran infrastruktur menuju institusionalisasi kontrol. Dalam bahasa SEV, kabel bawah laut berubah dari infrastruktur teknis menjadi nilai guna strategis yang dapat dikonversi menjadi klaim nilai tukar melalui izin, biaya, yurisdiksi, dan hak pemeliharaan.

Pola itu selaras dengan perkembangan lapisan minyak yang telah dibahas sebelumnya. Pada 5 Mei 2026, Reuters melaporkan bahwa Iran membentuk mekanisme baru untuk mengelola transit kapal melalui Selat Hormuz, memperingatkan Angkatan Laut Amerika Serikat agar menjauhi selat, dan menyatakan kapal komersial perlu mengoordinasikan lintasan dengan otoritas militer Iran. Bila logika ini diperluas ke kabel bawah laut, maka Iran berupaya mengendalikan dua lapisan sekaligus: benda yang bergerak di permukaan laut dan medium informasi yang diam di dasar laut. Inilah bentuk asimetri baru: kontrol atas ruang laut dapat menekan sirkuit energi dan sirkuit data secara bersamaan.

Kabel bawah laut penting karena internet global bukanlah ruang abstrak tanpa lokasi. Reuters mengutip International Telecommunication Union bahwa kabel bawah laut membawa sekitar 99 persen lalu lintas internet dunia, dan kabel itu juga penting bagi layanan cloud dan komunikasi daring. WIRED Middle East menambahkan bahwa kabel seperti AAE-1, Falcon, Gulf Bridge International, SEA-ME-WE, dan TGN-Gulf menopang perbankan, platform cloud, operasi bisnis, logistik, layanan digital esensial, serta komunikasi darurat di kawasan Teluk. Dengan kata lain, ketika kabel terganggu, yang terganggu bukan hanya akses hiburan atau media sosial. Yang terganggu adalah mekanisme realisasi nilai tukar modern, mulai dari pembayaran, kliring, invoice, manajemen persediaan, hingga koordinasi komputasi.

Dalam kerangka SEV, kabel bawah laut merupakan modal tetap informasional. Ia mengandung energi masa lalu dalam bentuk desain, produksi serat optik, kapal pemasang

kabel, repeater, stasiun pendaratan, pusat data, dan sistem pemantauan. Namun, nilai gunanya hanya terealisasi jika ia mampu mengurangi entropi koordinasi. Kabel yang utuh tetapi tidak dipercaya karena risiko perang, ancaman yurisdiksi, atau ketidakpastian pemeliharaan akan mengalami penurunan nilai guna fungsional. Di titik ini, risiko geopolitik menurunkan EROEI informasi karena lebih banyak energi, biaya, dan waktu harus dikeluarkan untuk mendapatkan reliabilitas data yang sama.

Asimetri antara Iran dan negara-negara Teluk memperkuat argumen ini. Narasi yang beredar menyatakan bahwa negara-negara Teluk bergantung pada kabel-kabel laut untuk lebih dari 90 persen infrastruktur internet, perbankan, dan cloud, sementara Iran memiliki ketergantungan yang lebih rendah karena sebagian konektivitasnya dapat dialihkan melalui rute darat via Turki. Angka spesifik tersebut belum seluruhnya terverifikasi secara terbuka, tetapi arah asimetrinya konsisten dengan laporan Iran International bahwa media Iran menyoroti ketergantungan lebih tinggi negara-negara sisi selatan Teluk pada rute internet maritim dan infrastruktur cloud. Artinya, Iran dapat memperlakukan data sebagai instrumen leverage karena kerugian marginal pada pihak lawan dapat lebih besar daripada kerugian marginal pada dirinya.

Dimensi cloud membuat risiko ini menjadi lebih konkret. Reuters melaporkan pada 2 Maret 2026 bahwa pusat data AWS di Uni Emirat Arab dan Bahrain mengalami kerusakan akibat serangan drone, menyebabkan gangguan layanan cloud dan pemulihan yang diperkirakan berkepanjangan karena kerusakan fisik, gangguan daya, dan kerusakan akibat pemadaman kebakaran. Reuters juga menyebut bahwa lembaga keuangan pengguna AWS ikut terdampak. Peristiwa ini mengubah pusat data dari infrastruktur komersial menjadi target geopolitik. Ketika pusat data menjadi bagian dari medan perang, maka komputasi tidak lagi dapat dipisahkan dari energi, lokasi, pertahanan udara, dan rute kabel.

Investasi teknologi raksasa di Teluk memperbesar sensitivitas tersebut. Amazon dan HUMAIN mengumumkan investasi lebih dari Rp.50 miliar untuk membangun AI Zone di Arab Saudi, sementara AWS sebelumnya menyatakan membangun region infrastruktur Saudi senilai Rp.530 miliar yang ditargetkan tersedia pada 2026. Microsoft menyatakan akan menginvestasikan Rp.1,52 triliun di Uni Emirat Arab dari 2023 sampai 2029, termasuk belanja modal untuk pusat data cloud dan AI, investasi ekuitas pada G42, serta pengiriman GPU Nvidia melalui lisensi ekspor Amerika Serikat. OpenAI juga mengumumkan Stargate UAE sebagai deployment internasional pertama Stargate, dengan kluster 1 GW di Abu Dhabi dan 200 MW yang diharapkan mulai aktif pada 2026. Seluruh investasi ini bergantung pada listrik, pendinginan, chip, real estate data center, tenaga ahli, dan kabel internasional yang menjaga data tetap bergerak.

Rencana Project Waterworth dari Meta memperlihatkan respons arsitektural terhadap risiko chokepoint. Meta menyatakan proyek ini akan menjangkau lima benua, membentang lebih dari 50.000 km, dan membuka koridor samudra baru untuk mendukung konektivitas berkapasitas tinggi bagi inovasi AI. Oxford Internet Institute menilai rute Waterworth berbeda dari koridor kabel yang lebih mapan, menghubungkan Amerika Serikat dengan pasar selatan seperti India, Brasil, dan Afrika Selatan, serta menghindari hotspot geopolitik seperti Laut

Merah dan Laut Cina Selatan. Dengan demikian, perusahaan teknologi tidak hanya membeli bandwidth. Mereka sedang menulis ulang geografi nilai tukar digital melalui arsitektur kabel yang lebih panjang, lebih mahal, tetapi lebih tahan terhadap pemerasan geopolitik.

Dari sudut pandang hukum laut, usulan izin, biaya, dan pemeliharaan eksklusif kabel memerlukan pembacaan hati-hati. Negara pantai memiliki kepentingan keamanan di perairan strategis, tetapi kabel bawah laut internasional juga berada dalam rezim kebebasan komunikasi dan transit yang tidak dapat begitu saja disamakan dengan kapal komersial. Karena itu, klaim media Iran tentang kedaulatan kabel harus dipahami sebagai upaya memperluas tafsir yurisdiksi, bukan sebagai norma yang telah diterima. Dalam konflik, tafsir hukum sering dipakai sebagai sarana mengubah tekanan militer sementara menjadi institusi permanen. Pola ini serupa dengan sistem tol, izin transit, dan koordinasi kapal yang telah muncul pada lapisan pelayaran.

Secara finansial, blokade data akan menciptakan bentuk kerugian yang berbeda dari blokade minyak. Gangguan minyak menaikkan harga energi, premi asuransi, dan biaya transportasi fisik. Gangguan kabel menaikkan latensi, menurunkan reliabilitas cloud, memperlambat pembayaran lintas negara, menekan sistem perbankan lokal, dan memaksa perusahaan melakukan failover ke jalur cadangan yang lebih mahal. Dalam neraca perusahaan, biaya ini muncul sebagai downtime, kehilangan transaksi, biaya pemulihan, belanja redundansi, dan premi keamanan siber. Dalam SEV, semua biaya itu adalah biaya revalidasi informasi, yaitu biaya tambahan yang harus dibayar agar klaim nilai tukar tetap dapat diproses dan dipercaya.

Risiko terbesar bukan selalu pemutusan kabel secara total. Risiko yang lebih realistis adalah rezim ketidakpastian yang berkepanjangan. Reuters mencatat bahwa kabel bawah laut di Hormuz belum terkena serangan langsung sampai laporan 28 April 2026, tetapi terdapat risiko tidak langsung dari kapal rusak yang menyeret jangkar dan mengenai. Dalam kondisi seperti itu, pasar tidak menunggu kabel benar-benar putus. Bank, operator cloud, perusahaan asuransi, dan hyperscaler akan mulai menghitung ulang risiko, memindahkan cadangan, menurunkan eksposur regional, atau menuntut harga layanan yang lebih tinggi. Dengan kata lain, nilai tukar berubah sebelum kerusakan material terjadi karena informasi risiko sudah cukup untuk mengubah perilaku.

Implikasi teoretisnya jelas. Selat Hormuz memperlihatkan bahwa nilai guna strategis pada abad ke-21 mencakup minyak, gas, kapal, pipa, kabel serat optik, pusat data, GPU, listrik, dan kepercayaan terhadap jalur informasi. AI memperbesar ketergantungan ini karena model besar membutuhkan data bergerak, komputasi berdaya tinggi, jaringan latensi rendah, serta kontrak cloud lintas yurisdiksi. Jika energi adalah substrat ontologis nilai, maka informasi adalah mekanisme koordinasi yang menentukan apakah energi tersebut dapat dikonversi menjadi nilai tukar. Gangguan data membuat energi dan uang kehilangan sinkronisasi operasionalnya.

Bagi Indonesia, pelajaran dari lapisan data Hormuz adalah kebutuhan membangun ketahanan digital sebagai bagian dari ketahanan energi dan moneter. Indonesia tidak cukup hanya memikirkan cadangan BBM, kilang, dan impor LNG. Indonesia juga perlu

memperhatikan redundansi kabel internasional, pusat data domestik, routing regional, keamanan landing station, pemulihan cloud, dan tata kelola data strategis. Jika perdagangan, perbankan, logistik pelabuhan, pembayaran digital, dan layanan publik makin tergantung pada cloud, maka gangguan kabel di luar negeri dapat berubah menjadi tekanan domestik melalui latensi, downtime, depresiasi kepercayaan, dan biaya operasional. Dalam kerangka SEV, kedaulatan digital bukan slogan teknologi. Ia adalah syarat agar nilai tukar domestik tetap tervalidasi ketika chokepoint global terganggu.

Tabel 20.3 Matriks Risiko Blokade Data Hormuz Dalam Kerangka SEV

Lapisan risiko	Mekanisme gangguan	Dampak nilai tukar	Respons sistemik
Kabel bawah laut	Ancaman izin, biaya, sabotase, atau kerusakan tidak langsung akibat kapal dan jangkar	Latensi naik, reliabilitas turun, transaksi tertunda, biaya failover meningkat	Diversifikasi rute, cadangan kapasitas, monitoring fisik, perjanjian pemeliharaan multilateral
Pusat data dan cloud	Serangan fisik, gangguan daya, gangguan pendinginan, gangguan konektivitas	Layanan perbankan, pembayaran, e-commerce, dan AI terganggu	Multi-region backup, disaster recovery, sovereign cloud, audit konsentrasi vendor
AI dan komputasi	Keterbatasan GPU, listrik, bandwidth, dan akses data lintas batas	Biaya inferensi dan pelatihan naik, layanan AI terdegradasi	Penempatan komputasi dekat pengguna, energi lokal, kontrak kapasitas jangka panjang
Hukum dan yurisdiksi	Klaim izin, tol, hukum nasional, dan hak pemeliharaan eksklusif	Biaya kepatuhan dan premi risiko politik meningkat	Perjanjian kabel internasional, perlindungan landing station, diplomasi maritim
Keuangan dan perbankan	Keterlambatan kliring, gangguan cloud, dan penurunan kepercayaan sistem pembayaran	Kerugian transaksi, risiko likuiditas, dan kenaikan biaya operasional	Redundansi jaringan pembayaran, prosedur offline, stress test digital

Matriks di atas menunjukkan bahwa blokade data tidak bekerja melalui satu titik kerusakan saja. Ia bekerja melalui akumulasi risiko lintas lapisan yang menghubungkan dasar laut, pusat data, listrik, hukum laut, pembiayaan, dan arsitektur cloud. Karena itu, mitigasi tidak cukup dilakukan oleh satu aktor. Operator kabel, hyperscaler, bank sentral, kementerian energi, otoritas telekomunikasi, angkatan laut, dan regulator keuangan perlu membaca kabel bawah laut sebagai infrastruktur sistemik yang memvalidasi nilai tukar digital. Dalam teori Nilai Tukar Sistemik, inilah bentuk paling jelas dari konvergensi energi, informasi, dan uang pada fase konflik kontemporer.

20.16 RINGKASAN

Perkembangan terbaru tentang ancaman terhadap kabel bawah laut menambahkan lapisan baru pada pembacaan tersebut. Hormuz adalah simpul energi sekaligus simpul informasi yang menopang cloud, perbankan, pembayaran digital, dan layanan AI. Ketika media Iran membicarakan izin, biaya, yurisdiksi, dan pemeliharaan eksklusif atas kabel bawah laut, konflik berubah dari blokade fisik menjadi upaya menginstitusikan kontrol atas arsitektur data. Hal ini memperkuat proposisi SEV bahwa informasi adalah infrastruktur energi yang menentukan apakah nilai tukar dapat diproses, dipercaya, dan direalisasikan.

Dengan demikian, krisis Hormuz 2026 harus dibaca sebagai krisis ganda: krisis energi dan krisis koordinasi informasi. Minyak dan LNG menentukan kapasitas produksi fisik, sedangkan kabel bawah laut dan pusat data menentukan kapasitas koordinasi ekonomi digital. Keduanya sama-sama menekan nilai tukar karena keduanya menentukan apakah klaim moneter dapat divalidasi oleh aliran material dan aliran informasi yang nyata. Inilah alasan mengapa blokade data dapat menjadi tahap lanjut dari blokade energi dalam ekonomi politik termodinamika abad ke-21.

Krisis Selat Hormuz dan perang Iran-Amerika pada 2026 memperlihatkan kebenaran utama teori Nilai Tukar Sistemik: nilai tukar harus divalidasi oleh kapasitas energi-material. Ketika jalur energi terganggu, harga minyak, kontrak LNG, premi asuransi, nilai aset, kurs, dan ekspektasi inflasi berubah karena pasar menilai ulang kemampuan sistem untuk mengubah energi menjadi nilai guna yang tersedia. Gangguan ini bukan sekadar peristiwa eksternal terhadap ekonomi. Ia adalah pengungkapan dasar material dari ekonomi itu sendiri.

Selat Hormuz karena itu merupakan laboratorium geopolitik bagi SEV. Ia menunjukkan bahwa energi bukan sekadar input produksi, tetapi fondasi bagi uang, keuangan, informasi, dan kekuasaan. Ia juga menunjukkan bahwa informasi hanya bernilai bila mengurangi ketidakpastian operasional. Klaim militer, data pelacakan kapal, peringatan keamanan, dan laporan pasar semuanya menjadi bagian dari sirkuit energi karena memengaruhi keputusan kapal, perusahaan, bank, dan negara.

Dengan demikian, bab ini memperluas dokumen utama dari teori abstrak menuju analisis geopolitik konkret. Selat Hormuz membuktikan bahwa nilai, energi, uang, informasi, dan kekuasaan tidak berjalan pada jalur terpisah. Mereka membentuk satu sistem yang sama. Ketika satu simpul energi terganggu, seluruh sistem nilai global ikut menyesuaikan diri. Inilah makna revalidasi energi nilai tukar sistemik dalam dunia yang semakin dipenuhi konflik, ketidakpastian, dan batas biofisik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alves, C. (2023). Fictitious Capital, The Credit System, And The Particular Case Of Government Bonds In Marx. *New Political Economy*, 28(3), 398–415.
- Anisah, S. (2025). Aligning Indonesia's Energy-Market Competition Law With Decarbonization And Sustainable Finance Policy. *Journal Of Private And Commercial Law Review*.
- Bank For International Settlements. (2024). *Harnessing The Power Of Input-Output Analysis For Carbon Accounting*. BIS.
- Bank Indonesia. (2024). *Republic Of Indonesia Presentation Book*, November 2024. Bank Indonesia.
- Berr, É. (2023). Modern Post-Keynesian Approaches: Continuities And Ruptures With Monetary Circuit Theory. *Journal Of Post Keynesian Economics*.
- Bisri, M. M., Maharani, S. I., & Billa, A. S. F. (2024). *Evaluasi Kebijakan Pensiun Dini PLTU Batubara Dalam Transisi Energi Indonesia*. Khazanah Hukum.
- CELIOS. (2025). *China-Indonesia Energy Transition Cooperation: Progress, Prospects, And Recommendations*. Center Of Economic And Law Studies.
- Chen, G. (2023). Precautionary Savings And Rural-To-Urban Migration. *Economic Record*, 99(324), 1215–1233.
- Energy Information Administration. (2025). *World Oil Transit Chokepoints*. U.S. Energy Information Administration.
- Galanis, G. (2024). Systemic Cycles Of Accumulation And Chaos In The World Economy. *Socio-Economic Review*, 22(4), 1843–1872.
- Galbraith, J. K., & Chen, J. (2025). *Entropy Economics: The Living Basis Of Value And Production*. University Of Chicago Press.
- Giles, J. (2024). *Migration, Growth, And Poverty Reduction In Rural China*. World Bank.
- Institute For Essential Services Reform. (2023). *Indonesia Energy Transition Outlook 2024: Peaking Indonesia's Energy Sector Emission By 2030, The Beginning Or The End Of Energy Transition Promise*. IESR.
- International Institute For Sustainable Development. (2025). *Critical Minerals And The Energy Transition In Indonesia*. IISD.

- International Monetary Fund. (2024). People's Republic Of China: 2024 Article IV Consultation, Press Release, Staff Report, And Statement By The Executive Director For The People's Republic Of China. IMF.
- International Renewable Energy Agency. (2024). World Energy Transitions Outlook 2024: 1.5°C Pathway. IRENA.
- Jacques, P. (2023). Assessing The Economic Consequences Of An Energy Transition Through Ecological Stock-Flow Consistent Macroeconomic Models. *Ecological Economics*.
- Kaldor, Y. (2022). Financialization And Fictitious Capital: The Rise Of Financial Securities As A Form Of Private Property. *Review Of Radical Political Economics*, 54(3), 291–309.
- Karataşlı, Ş. S. (2025). Primitive Accumulations, Financial Expansions, And Systemic Cycles Of Accumulation. *Journal Of World-Systems Research*.
- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2024). Jurnal Migas, Edisi II 2024. Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi.
- Lembaga Penyelidikan Ekonomi Dan Masyarakat FEB UI. (2024). Inflation Outlook 2024: Apparent Economic Recovery, Optimism Towards 2024. LPEM FEB UI.
- Lin, B., & Colleagues. (2025). Supply Chain Configuration And Total Factor Productivity Of Renewable Energy Enterprises. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 209.
- Manahara, S., Putri, S. K., & Kencana, I. S. W. (2023). Tantangan Transisi Energi Terbarukan Di Indonesia: Studi Kasus PLTS Di Kabupaten Cilacap. *Journal Of Innovation Materials, Energy, And Sustainable Engineering*, 1(1).
- Nikiforos, M. (2024). The Sraffian Supermultiplier And Cycles. *Review Of Political Economy*, 36(5), 2085–2104.
- Organisation For Economic Co-Operation And Development. (2026). Energy Prices Are Spiking Again. OECD.
- Palludeto, A. W. A., & Rossi, P. (2022). Marx's Fictitious Capital: A Misrepresented Category Revisited. *Cambridge Journal Of Economics*.
- Pasaribu, N. T. (2025). Green Arms Race: Indonesia's Critical Minerals And Its Position In The Global Energy Transition. *Sustainable Infrastructure And Technology Journal*, 2(1), 27–47.
- Pertamina Energy Institute. (2023). Transisi Energi Di Indonesia: Overview And Challenges. *Buletin Pertamina Energy Institute*, 9(2).

- Pettena, M. (2025). Energy Transition And Structural Change: A Calibrated Stock-Flow Consistent Input-Output Model. *Structural Change And Economic Dynamics*.
- Rogoff, K. (2024). China's Real Estate Challenge. *Finance & Development*. International Monetary Fund.
- Sahin, H., Stewart, R. A., & Giurco, D. (2024). Systemwide Energy Return On Investment In A Sustainable Transition. *Nature Communications*, 15.
- Siombo, M. R. (2025). Menilai Efektivitas Transisi Energi Indonesia Melalui Adopsi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. *Lex Renaissance*.
- Śliwiński, P. (2023). Endogenous Money Supply, Global Liquidity And Financial Stability. *Equilibrium: Quarterly Journal Of Economics And Economic Policy*, 18(4).
- Suryaningsum, S. (2026). National Energy Governance In The Implementation Of Energy Intensity, Carbon Emissions, And General Energy Fuel. *International Conference On Accounting And Finance Proceedings*, 4, 61–71.
- Tan, J. (2022). The Effect Of Homeownership On Migrant Household Savings. *Economic Modelling*, 107.
- The Indonesian Institute. (2024). Analisis Kebijakan Transisi Energi Dan Trilema Energi Di Indonesia Periode 2019–2024. *The Indonesian Institute*.
- Thompson, M. (2024). Is The Supermultiplier Stable? *Metroeconomica*.
- U.S. Department Of Energy. (2024). AI For Energy: Opportunities For A Modern Grid And Clean Energy Economy. *U.S. Department Of Energy*.
- United Nations Conference On Trade And Development. (2026). Critical Minerals, Critical Decisions: Industrial Policy For The Energy Transition. *UNCTAD*.
- World Bank. (2024). Migration, Growth, And Poverty Reduction In Rural China. *World Bank*.
- World Economic Forum. (2024). Fostering Effective Energy Transition 2024. *World Economic Forum*.
- Xiao, T., Et Al. (2025). Environmental Impact And Net-Zero Pathways For Artificial Intelligence Servers. *Nature Sustainability*.
- Yang, S., Et Al. (2025). Interconnectedness Among Supply Chain Disruptions, Energy Uncertainty, And Oil Market Shocks. *Energy Economics*.
- Zuo, P., Et Al. (2025). Precise And Scalable Analogue Matrix Equation Solving Using Resistive Random-Access Memory Chips. *Nature Electronics*.

THERMO EKONOMI **dan** **PENGARUH GEOPOLITIK :**

**Perang dagang AS-China, Krisis Energi
akibat Blokade Selat Hormuz dan Sanksi Gas Rusia**

Dr. Agus Wibowo, M.Kom, M.Si, MM.

BIO DATA PENULIS



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen dan ilmu sosiologi. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik).

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

PENERBIT :

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK
Jl. Majapahit No. 605 Semarang
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144
Email : penerbit_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-634-7695-21-5 (PDF)



9

786347

695215