ARSITEKTUR ERA AI

(Artificial Intelligence)



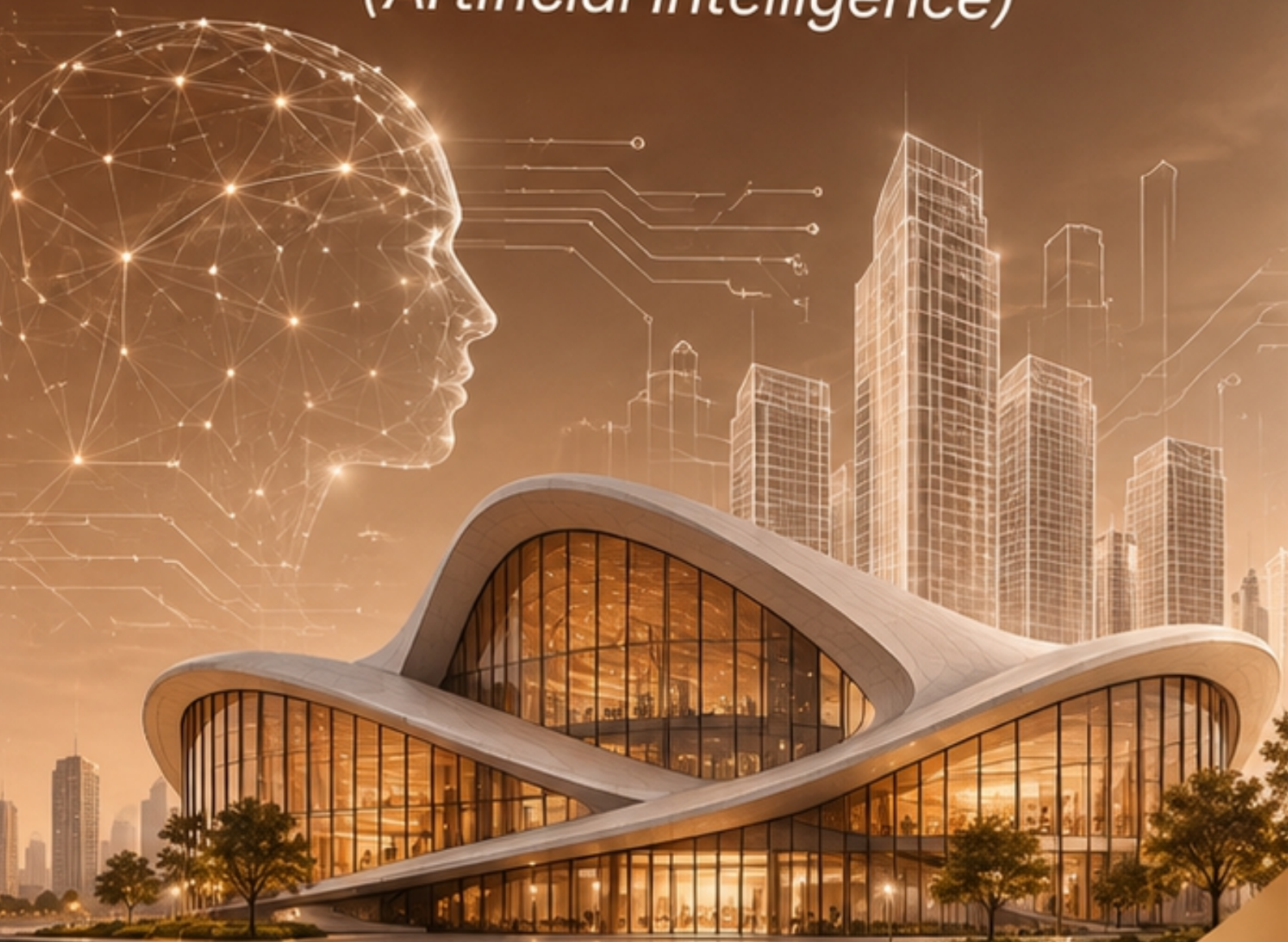
Santi Widiastuti, S.T, M.T

YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK

Santi Widiastuti, S.T, M.T

ARSITEKTUR ERA AI

(Artificial Intelligence)



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

ARSITEKTUR ERA AI (Artificial Intelligence)

Penulis :
Santi Widiastuti, S.T, M.T

ISBN :

Editor :
Agus Priyadi, S.Ds., M.Kom

Penyunting :
Agus Priyadi, S.Ds., M.Kom

Desain Sampul dan Tata Letak :
Irdha Yunianto, 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

Perkembangan kecerdasan buatan (*artificial intelligence* atau AI) telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk arsitektur. Kemunculan model bahasa besar, kecerdasan generatif, sistem pengenalan citra, serta teknologi berbasis data telah mengubah cara manusia merancang, memvisualisasikan, mengevaluasi, dan mengelola lingkungan binaan. Dalam konteks tersebut, AI tidak lagi hanya dipahami sebagai alat bantu teknis, melainkan sebagai mitra kolaboratif yang mampu memperluas kemampuan imajinasi, analisis, dan pengambilan keputusan dalam praktik perancangan arsitektur.

Buku berjudul "*Arsitektur Era AI*" disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan AI serta implikasinya terhadap dunia arsitektur, desain, kota, dan kehidupan manusia. Buku ini berupaya menjembatani dua ranah yang saling berkaitan, yaitu perkembangan teknologi AI dan praktik perancangan lingkungan binaan. Dengan demikian, pembaca diharapkan memperoleh gambaran yang utuh mengenai bagaimana AI berkembang, bekerja, dan diterapkan dalam konteks arsitektur masa kini maupun masa depan.

Pembahasan dalam buku ini diawali dengan penjelasan mengenai dasar-dasar AI, machine learning, deep learning, jaringan saraf tiruan, model bahasa besar, serta perkembangan ChatGPT. Pembahasan kemudian diperluas melalui tinjauan sejarah AI, perkembangan generasi visual berbasis AI, persoalan kreativitas dan hak cipta, hingga peran AI dalam eksplorasi imajinasi dan kolaborasi manusia-mesin. Bagian selanjutnya membahas transformasi praktik arsitektur, perkembangan perancangan berbasis kinerja, integrasi AI dan robotika dalam konstruksi, evolusi kota cerdas, serta prospek kecerdasan manusia di masa depan.

Melalui sistematika tersebut, buku ini tidak hanya menyajikan aspek teknologi, tetapi juga menyoroti dimensi kritis, etis, kultural, dan profesional dari penerapan AI dalam arsitektur. AI membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi, mempercepat eksplorasi desain, mengoptimalkan kinerja bangunan, dan menghasilkan alternatif perancangan yang lebih beragam. Namun, pemanfaatannya juga menimbulkan tantangan terkait keaslian karya, kepemilikan intelektual, ketergantungan teknologi, bias algoritmik, keandalan informasi, serta pergeseran peran arsitek. Oleh karena itu, penguasaan teknologi perlu disertai dengan kemampuan berpikir kritis, etika profesional, dan tanggung jawab terhadap keberlanjutan lingkungan binaan.

Buku ini ditujukan bagi mahasiswa, akademisi, praktisi arsitektur, perancang kota, peneliti, serta masyarakat luas yang tertarik memahami hubungan antara AI dan arsitektur. Di samping itu, buku ini diharapkan dapat menjadi bahan diskusi untuk mengembangkan pendekatan perancangan yang lebih adaptif, kolaboratif, inovatif, dan berorientasi pada kebutuhan manusia.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, inspirasi, dan kontribusi dalam proses penyusunan buku ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga, rekan sejawat, institusi, serta pihak-pihak yang telah mendukung penulis hingga buku ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa pembahasan mengenai AI dan arsitektur merupakan bidang yang terus berkembang secara dinamis. Oleh karena itu, masih mungkin terdapat kekurangan dalam penyajian materi, penafsiran konsep, maupun pembaruan informasi. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan buku ini pada masa mendatang.

Akhirnya, penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, memperkaya wawasan mengenai perkembangan AI dalam arsitektur, serta mendorong terbentuknya praktik perancangan yang lebih bijak, manusiawi, dan berkelanjutan di era kecerdasan buatan.

Semangat & Selamat Membaca….!!!!!

Semarang, November 2026
Penulis

Santi Widiastuti, S.T, M.T

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
BAB 1 DASAR-DASAR AI DAN PERKEMBANGAN CHATGPT **1**
1.1 AI Sempit Dan AI Kuat: Perbedaan Kecerdasan Mesin Dan Manusia 1
1.2 AI, Machine Learning, Dan Deep Learning 2
1.3 Teknik Pembelajaran Dalam Machine Learning 3
1.4 Aliran Pemikiran Dalam Machine Learning 5
1.5 Struktur Dan Cara Kerja Jaringan Saraf Tiruan 6
1.6 Mekanisme Deep Learning Dan Backpropagation 7
1.7 CNN Dalam Pengenalan Dan Klasifikasi Citra 8
1.8 LLM Dan Mekanisme Kerja Transformer 9
1.9 OpenAI Dan Perkembangan Generasi Model GPT 11
1.10 Google Dan Pengembangan Model Bahasa Besar LAMDA 12
1.11 Evolusi Chatbot: Dari Eliza Hingga ChatGPT 13
1.12 Peluncuran ChatGPT Dan Terobosan OpenAI Pada 2022 14
1.13 Persaingan Dan Dinamika Industri Chatbot AI Generatif 14
1.14 Keterbatasan, Bias, Dan Keandalan Chatbot AI Generatif 15
1.15 Kemampuan Emergen Pada LLM Dan Fenomena Emergensi 16
BAB 2 SEJARAH SINGKAT AI **19**
2.1 Alan Turing: Pelopor Komputasi Dan Dasar AI 19
2.2 Sejarah Awal AI Dan Konferensi Dartmouth 1956 22
2.3 Musim Dingin AI: Kemunduran, Kontroversi, Dan Perkembangan AI 23
2.4 Revolusi Deep Learning Dan Kebangkitan AI 24
2.5 Visibilitas Dan Kamuflase Dalam AI 25
2.6 Deep Blue: Kemenangan AI Atas Juara Dunia Catur 28
2.7 AlphaGo: Terobosan Deep Learning Dan Kreativitas AI 29
2.8 Dampak Kemenangan AlphaGo Terhadap Perkembangan AI Global 32
2.9 ChatGPT Dan Transformasi Persaingan AI Global 33
2.10 Persaingan Global Dan Tantangan Keselamatan AI 35
BAB 3 GENERASI VISUAL DAN TRANSFORMASI DESAIN BERBASIS AI **37**
3.1 ImageNet Dan Terobosan AlexNet Dalam Pengenalan Citra 37
3.2 Deepdream: Generasi Citra Melalui Jaringan Saraf Konvolusional 38
3.3 GAN Dan Perkembangan Generasi Citra AI 39
3.4 Model Difusi: Prinsip Kerja Dan Generasi Citra Berbasis Teks 42
3.5 Rekayasa Prompt Dalam Generasi Citra Berbasis AI 43
3.6 Sejarah Dan Perkembangan Model Difusi Untuk Generasi Citra AI 44
3.7 Keunggulan Model Difusi Dibandingkan GAN Dalam Generasi Citra AI 46
3.8 Perbandingan Model Difusi Dan Penerapannya Dalam Desain Arsitektur 47

3.9 Transformasi Proses Dan Peran Desainer Dalam Era AI 49
3.10 Generasi Video Berbasis Teks Dan Perkembangannya Dalam Desain AI 51
3.11 Perkembangan Generasi Model 3D Berbasis AI 52
3.12 Penerapan AI Dalam Desain Berbasis Kinerja 53
3.13 Kemampuan AI Dalam Mempelajari Proses Perancangan 56
BAB 4 KREATIVITAS AI, KEPENGARANGAN, DAN HAK CIPTA DALAM DUNIA SENI 58
4.1 Seni Dan Kreativitas Dalam Era AI 59
4.2 Kepengarangan, Orisinalitas, Dan Kendali Dalam Seni Berbasis AI 62
4.3 Tantangan Hukum Hak Cipta Dan Kepemilikan Karya Seni Berbasis AI 64
4.4 Hak Cipta, Mimesis, Dan Orisinalitas Dalam Karya Seni Berbasis AI 66
4.5 Kreativitas AI Dan Hakikat Kreativitas Manusia 68
4.6 AI Sebagai Prostesis Kreativitas Manusia 70
BAB 5 IMAJINASI, PERSEPSI, DAN KOLABORASI MANUSIA-AI DALAM ARSITEKTUR . 72
5.1 Kreativitas AI Dan Penemuan Bentuk Baru Dalam Arsitektur 73
5.2 AI Dalam Eksplorasi Imajinasi Arsitektural 74
5.3 Mekanisme Persepsi Dan Halusinasi Mesin 79
5.4 Proses Interpretasi Dunia Melalui Perspektif Arsitektur 82
5.5 Potensi Imajinasi Dan Kolaborasi Manusia-AI 84
5.6 AI Sebagai Cermin Kecerdasan Dan Persepsi Manusia 87
BAB 6 TRANSFORMASI PRAKTIK ARSITEKTUR MELALUI AI 88
6.1 Pandangan Wolf Prix Terhadap AI Dalam Arsitektur 88
6.2 Pengembangan Desain Arsitektur Berbasis GAN 89
6.3 Pengembangan Sistem AI Multimodal Untuk Desain Arsitektur 91
6.4 Penerapan AI Generatif Dalam Eksplorasi Desain Arsitektur 96
6.5 Integrasi AI Untuk Optimasi Dan Augmentasi Desain Arsitektur 100
6.6 AI Dan Transformasi Peran Arsitek Masa Depan 104
BAB 7 MASA DEPAN PERANCANGAN ARSITEKTUR DI ERA AI 106
7.1 AI Dan Penyederhanaan Proses Kerja Dalam Arsitektur 107
7.2 Kolaborasi Antara Kemudahan AI Dan Keahlian Komputasi Dalam Arsitektur .. 108
7.3 Spacemaker Dan Transformasi Perancangan Berbasis AI 108
7.4 XKool Dan Pengembangan AI Generatif Untuk Arsitektur 114
7.5 AI Dan Efisiensi Proses Perancangan Arsitektur 114
7.6 Evolusi Teknologi AI Dalam Pengembangan Desain Arsitektur XKool 116
7.7 Empat Tahapan Penerapan AI Dalam Desain Dan Perencanaan Kota 118
7.8 Pengembangan Platform AI Terintegrasi Untuk Desain Arsitektur 119
7.9 Keterbatasan AI Dalam Fabrikasi Dan Proses Konstruksi 120
7.10 Integrasi AI, Robotika, Dan Prefabrikasi Dalam Konstruksi Arsitektur 121
7.11 Transformasi Desain Hunian Melalui AI Dan Produksi Massal 122
BAB 8 EVOLUSI KOTA DARI ARSITEKTUR PARAMETRIK MENUJU KOTA CERDAS..... 124
8.1 Transformasi Aktivitas Perkotaan Melalui Komputasi Dan Big Data 125
8.2 Arsitek Informasi Dalam Perancangan Kota Berbasis Data 126

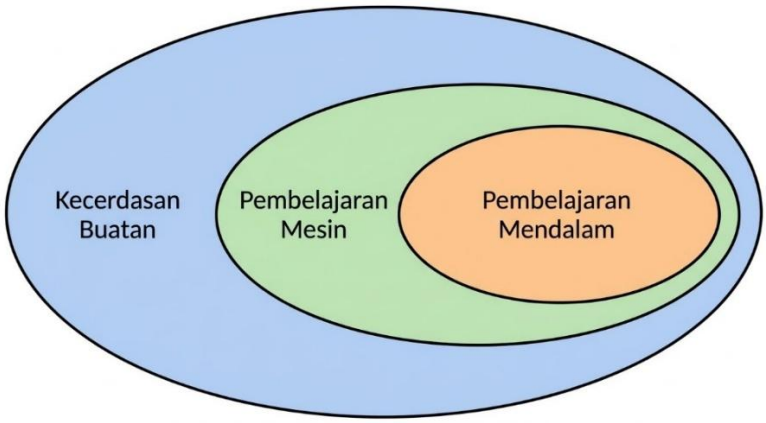
8.3 Evolusi Kota Informasional Menuju Ekosistem Perkotaan Terintegrasi 128
8.4 Kecerdasan Lingkungan Dan Integrasi AI Dalam Kehidupan Perkotaan..... 130
8.5 Prinsip Kecerdasan Kawanan Dalam Sistem Terdesentralisasi..... 132
8.6 Kecerdasan Kawanan Dan Dinamika Kota Sebagai Sistem Kompleks 133
8.7 Homeostasis Dan Kecerdasan Adaptif Dalam Sistem Perkotaan 135
8.8 Penerapan AI Dalam Sistem Operasional Kota Cerdas..... 136
8.9 Integrasi AI Dan IoT Dalam Mewujudkan Kota Cerdas..... 137
BAB 9 MASA DEPAN AI DAN EVOLUSI KECERDASAN MANUSIA 141
9.1 Ray Kurzweil Dan Prediksi Perkembangan Teknologi Masa Depan..... 144
9.2 Perdebatan Tentang Pencapaian AGI 146
9.3 Singularitas Teknologi Dan Masa Depan Kecerdasan Manusia..... 147
9.4 Superintelijensi Artifisial Dan Potensi Ledakan Kecerdasan 149
9.5 Ketidakpastian Dalam Prediksi Perkembangan AGI 150
9.6 Kecerdasan Digital Dan Keunggulan Berbagi Pengetahuan 151
9.7 Pemahaman AI Dan Perdebatan Tentang Kognisi Nonbiologis..... 152
9.8 Perbedaan Kecerdasan Manusia Dan Kecerdasan Buatan..... 152
9.9 Kemampuan Berpikir AI Dan Perkembangan Kognisi Mesin..... 153
9.10 Kesadaran AI: Perdebatan Tentang Strong AI Dan Hakikat Kecerdasan..... 154
9.11 Kecerdasan Asing Dan Pergeseran Paradigma Antroposentris 156
9.12 Normalisasi AI Dan Transformasi Konsep Kecerdasan 158
9.13 Kecerdasan Arsitektural Dan Transformasi Perancangan Berbasis AI..... 159
9.14 Disrupsi AI Dan Masa Depan Profesi Arsitektur 160
DAFTAR PUSTAKA 162

BAB 1
DASAR-DASAR AI DAN PERKEMBANGAN CHATGPT

Definisi umum AI adalah upaya untuk meniru atau menyimulasikan kecerdasan pikiran manusia. Sebagaimana dikemukakan oleh Margaret Boden, “[Studi dalam] AI berupaya membuat komputer melakukan berbagai hal yang dapat dilakukan oleh pikiran manusia.” Sementara itu, John Kelleher mendeskripsikan AI sebagai “bidang studi yang berfokus pada pengembangan sistem komputasi yang mampu menjalankan tugas dan aktivitas yang biasanya dianggap memerlukan kecerdasan manusia.” Implikasinya, AI mungkin kelak dapat mengambil alih tugas dan aktivitas tersebut. Namun, dapat dikatakan bahwa dalam domain-domain tertentu, AI sudah melampaui kecerdasan manusia. Sebagai contoh, sudah lama berlalu masa di mana manusia bisa berharap untuk mengalahkan AI dalam permainan catur atau bahkan permainan Go. Di sisi lain, kita diberitahu bahwa ChatGPT kini memiliki pengetahuan sepuluh ribu kali lebih banyak daripada manusia mana pun.

1.1 AI SEMPIT DAN AI KUAT: PERBEDAAN KECERDASAN MESIN DAN MANUSIA

Saat mendefinisikan AI, kita perlu membuat sejumlah pembedaan. Pertama dan yang terpenting, meskipun istilah "kecerdasan" digunakan baik untuk manusia maupun mesin, kita harus berhati-hati dalam membedakan AI dari kecerdasan manusia. Untuk saat ini, AI tidak memiliki kesadaran. AI tidak memiliki perasaan ataupun kesadaran diri sejauh yang kita ketahui. Hal ini penting untuk dipahami. Sebagai contoh, AI mungkin mampu mengalahkan manusia dalam permainan catur atau Go, tetapi ini tidak berarti bahwa AI sadar bahwa ia sedang memainkan permainan catur atau Go tersebut.



Gambar 1.1 Diagram hubungan antara *deep learning*, *machine learning*, dan AI. Diagram Venn ini mengilustrasikan bagaimana *deep learning* berada di dalam *machine learning*, yang dengan sendirinya berada di dalam kategori AI yang lebih luas.

Jadi, saat ini kita masih terbatas pada ranah AI yang relatif sederhana, yang dikenal sebagai "AI sempit" (*narrow AI*) yang, sesuai dengan namanya, memiliki potensi yang terbatas dan

terlingkup dalam batasan tertentu. "AI sempit" yang juga disebut sebagai "AI lemah" (*weak AI*) perlu dibedakan dari "AI kuat" (*strong AI*), yaitu AI yang memiliki kesadaran. Saat ini, "AI kuat" masih belum akan terwujud dalam waktu dekat. Satu-satunya "contoh" dari "AI kuat" saat ini hanyalah fiksi belaka, seperti karakter-karakter dalam dunia perfilman, contohnya Agent Smith dalam film *The Matrix* atau Ava dalam film *Ex Machina*. Contoh klasik dari "AI sempit" mencakup *chatbot*, seperti ChatGPT, serta asisten AI, seperti Siri, Alexa, dan Cortana. Betapapun canggihnya teknologi ini, secara umum dianggap bahwa sistem tersebut tidak dapat berpikir sendiri sama seperti kalkulator saku yang tidak bisa berpikir dan tidak mampu melakukan aktivitas apa pun yang memerlukan kesadaran.

1.2 AI, MACHINE LEARNING, DAN DEEP LEARNING

Istilah ‘AI’ sering digunakan seolah-olah merujuk pada satu kategori tunggal yang seragam. Memang, begitulah cara masyarakat umum memahami istilah tersebut. Namun, pada kenyataannya terdapat banyak bentuk AI yang berbeda, dan bentuk-bentuk ini bahkan dapat dibagi lagi ke dalam sejumlah subkategori. Oleh karena itu, untuk memahami AI, kita perlu membedakan berbagai bentuk AI tersebut. Dalam lingkup ‘AI terbatas’ (*narrow AI*), kita perlu membuat pembedaan lebih lanjut antara kategori AI secara umum, ‘pembelajaran mesin’ (*machine learning*), dan ‘pembelajaran mendalam’ (*deep learning*). Ketiganya dapat dipandang saling melingkupi ibarat boneka Rusia yang bersarang di dalam satu sama lain, atau lapisan-lapisan pada bawang di mana ‘pembelajaran mendalam’ merupakan bagian dari ‘pembelajaran mesin’, yang pada gilirannya merupakan bagian dari AI. Versi awal AI merujuk pada mesin yang harus diprogram untuk memproses sekumpulan data. Hal ini juga dikenal sebagai ‘AI Klasik’ (*Classical AI*), atau bahkan dengan nada yang agak meremehkan disebut sebagai ‘AI Jadul’ (*Good Old Fashioned AI* atau GOFAI). Poin penting di sini adalah bahwa pada AI versi awal, mesin hanya bisa melakukan apa yang telah diprogram untuk ia lakukan. Mesin itu sendiri tidak bisa belajar.

Sebaliknya, pembelajaran mesin melangkah lebih jauh; sistem ini mampu melatih dirinya sendiri dengan menggunakan data dalam jumlah yang sangat besar. Yang terpenting, pembelajaran mesin menepis mitos populer bahwa komputer tidak bisa melakukan apa pun di luar hal-hal yang telah diprogram untuk mereka lakukan. Sesuai dengan istilahnya, pembelajaran mesin mampu belajar, bahkan memprogram dirinya sendiri meskipun kita harus berhati-hati agar tidak menyamakan cara mesin ‘belajar’ dengan cara manusia belajar. Seperti istilah lain yang digunakan baik dalam konteks AI maupun kecerdasan manusia, kata ‘belajar’ tidak selalu memiliki makna yang sama dalam kedua konteks tersebut.

Stuart Russell berkomentar: ‘Belajar adalah kemampuan kunci bagi kecerdasan buatan modern. Pembelajaran mesin selalu menjadi subbidang dari AI, dan secara sederhana berarti meningkatkan kemampuan untuk melakukan tindakan yang tepat berdasarkan pengalaman.’ Lebih jauh lagi, kemampuan belajar sangatlah penting jika AI ingin menyamai kecerdasan manusia. Sebagaimana diamati oleh Pedro Domingos: ‘Tujuan AI adalah mengajarkan komputer untuk melakukan apa yang saat ini dapat dilakukan manusia dengan lebih baik, dan belajar bisa dibilang merupakan aspek terpenting dari semua itu: tanpanya, tidak ada

komputer yang mampu mengimbangi manusia dalam jangka panjang; dengan kemampuan belajar, hal-hal lainnya akan mengikuti.'

Pembelajaran mendalam adalah perkembangan yang relatif baru dalam pembelajaran mesin dan telah menghasilkan banyak kemajuan signifikan di bidang AI. Pembelajaran mendalam, setidaknya untuk saat ini, merupakan bentuk AI yang paling menjanjikan. Faktanya, pembelajaran mendalam (*deep learning*) telah menjadi paradigma yang dominan hingga meski agak menyesatkan pembelajaran mendalam hampir identik dengan AI, setidaknya di media populer. Memang benar, setiap kali AI disebutkan dalam buku ini, pembelajaran mendalamlah yang selalu dirujuk, dan tentu saja bukan GOFAI. Penting, akan tetapi, pembelajaran mendalam (*deep learning*) bergantung pada data dalam jumlah yang sangat besar sedemikian besarnya hingga data, sebagaimana sering dikatakan, kini telah menjadi 'minyak baru'.

Kelleher mendefinisikan deep learning sebagai 'subbidang pembelajaran mesin (*machine learning*) yang merancang serta mengevaluasi algoritma pelatihan dan arsitektur untuk model jaringan saraf tiruan modern'. Di sini kita sampai pada poin penting terkait istilah 'arsitektur'. Yang mungkin membingungkan, istilah 'arsitektur' dalam ilmu komputer juga digunakan untuk merujuk pada organisasi internal sebuah komputer. Namun, hal ini sama sekali tidak berkaitan dengan istilah 'arsitektur' dalam konteks bangunan. Oleh karena itu, pembaca perlu berhati-hati agar tidak mencampuradukkan pengertian 'arsitektur' dalam ilmu komputer dengan 'arsitektur' dalam industri konstruksi. Singkatnya, perbedaan antara jaringan saraf tiruan generasi awal dan jaringan saraf tiruan yang lebih baru yang digunakan dalam *deep learning* tidak boleh diremehkan. Terdapat kesenjangan yang sangat besar di antara keduanya, baik dari segi kinerja maupun kapabilitas. Perbedaan ini bahkan mungkin jauh lebih ekstrem dibandingkan perbedaan antara mobil generasi awal yang dulu dikenal sebagai 'kereta tanpa kuda' dengan mobil modern yang canggih, yang bahkan berpotensi untuk dikemudikan secara otomatis.

1.3 TEKNIK PEMBELAJARAN DALAM MACHINE LEARNING

Selanjutnya, kita perlu membedakan tiga teknik pelatihan utama yang digunakan dalam pembelajaran mesin (*machine learning*): pembelajaran terawasi (*supervised learning*), pembelajaran tak terawasi (*unsupervised learning*), dan pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*). Dalam pembelajaran terawasi, sistem dilatih untuk melakukan tugas-tugas tertentu guna mencapai hasil yang diinginkan dengan cara diberi sejumlah besar contoh yang telah diidentifikasi dengan jelas. Boden memberikan definisi yang bermanfaat: 'Dalam pembelajaran terawasi, pemrogram "melatih" sistem dengan menetapkan serangkaian hasil yang diinginkan untuk berbagai masukan (contoh yang diberi label dan contoh yang bukan), serta memberikan umpan balik berkelanjutan mengenai apakah hasil tersebut telah tercapai.'

Sebagai contoh, sistem perlu diberi masukan berupa banyak gambar dalam beberapa kasus bisa lebih dari 1 juta gambar yang kemudian diberi label atau 'diklasifikasikan', sebagaimana proses ini terkadang disebut. Untuk gambar kucing, misalnya, gambar-gambar tersebut harus diberi label 'kucing'. Demikian pula, sejumlah besar gambar yang bukan

merupakan kucing juga harus diberi label ‘bukan kucing’. Hal ini tidak jauh berbeda dengan cara manusia belajar. Perbandingan yang jelas dapat ditarik dari proses saat orang tua mengajari anak kecil untuk mengenali berbagai objek, misalnya hewan: "Ini sapi", "Ini kuda", dan seterusnya. Demikian pula, perbandingan dapat dibuat dengan pendidikan arsitektur, di mana mahamahasiswa diajarkan untuk mengenali berbagai fitur dan atribut dalam desain arsitektur.

Dalam pembelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*), tidak ada hasil yang ditetapkan sebelumnya. Sebaliknya, sistem akan menemukan pola atau klaster yang terdapat dalam data tidak terstruktur, sehingga secara efektif mampu menemukan pengetahuan baru. Kelleher mendefinisikan pembelajaran tanpa pengawasan sebagai "suatu bentuk pembelajaran mesin yang tugasnya adalah mengidentifikasi ketidakteraturan seperti kelompok-kelompok contoh yang serupa di dalam data. Berbeda dengan pembelajaran dengan pengawasan (*supervised learning*), tidak ada atribut target dalam tugas pembelajaran tanpa pengawasan." Ini merupakan salah satu bidang pembelajaran mesin yang paling menantang sekaligus menjanjikan. Jika mesin benar-benar dapat belajar sendiri tanpa campur tangan manusia, hal ini akan menjadi langkah besar menuju kemungkinan terwujudnya kecerdasan umum buatan (*artificial general intelligence* atau AGI) yakni kecerdasan buatan yang memiliki kesadaran dan mampu berpikir secara sungguh-sungguh.

Sekali lagi, hal ini mirip dengan cara anak-anak mempelajari bahasa, yaitu hanya dengan mendengarkan orang lain berbicara. Pikiran manusia memang sangat piawai dalam belajar melalui interaksi tanpa pengawasan dengan lingkungannya. Kita juga bisa membandingkannya dengan cara arsitek dan mahamahasiswa arsitektur menyerap kepekaan desain tertentu, hanya dengan berada di dalam lingkungan arsitektural. Bagaimanapun, desain arsitektur jarang diajarkan berdasarkan teori menyeluruh atau seperangkat prinsip tertentu. Seolah-olah, para arsitek dan mahamahasiswa arsitektur diharapkan untuk memperoleh pemahaman tentang apa yang membentuk desain yang baik secara alami, seolah-olah melalui proses penyerapan (*osmosis*).

Terdapat pula modalitas pembelajaran lain yang merupakan perpaduan antara pembelajaran dengan pengawasan dan pembelajaran tanpa pengawasan. Contohnya meliputi pembelajaran yang diawasi oleh diri sendiri (*self-supervised learning*) dan pembelajaran dengan pengawasan parsial (*semi-supervised learning*). Seperti halnya pembelajaran tanpa pengawasan, *self-supervised learning* tidak bergantung pada data yang telah diberi label; alih-alih, sistem ini mempelajari sinyal-sinyal pengawas yang kemudian digunakan untuk melabeli data secara otomatis dalam tahapan proses selanjutnya. Proses ini dapat digambarkan sebagai bentuk "pelabelan mandiri" (*self-labelling*).

Akan tetapi, berbeda dengan pembelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*), metode ini tidak bekerja dengan cara mengidentifikasi ketidakberaturan, seperti melalui pengelompokan (*clustering*). Sebaliknya, pembelajaran semi-diawasi (*semi-supervised learning*) menggabungkan sejumlah kecil data berlabel dengan data dalam jumlah besar yang tidak berlabel sejak awal. Hal ini dapat diibaratkan seperti situasi di dalam ruang kelas, di mana seorang dosen memberikan contoh cara menyelesaikan suatu masalah, lalu membiarkan para

mahasiswa menyelesaikan masalah-masalah sisanya sendiri. Kedua proses tersebut secara efektif menekan biaya dengan cara mengurangi ketergantungan pada data berlabel yang mahal.

Terakhir, dalam pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*), sistem tidak perlu diberikan contoh-contoh yang diberi label secara jelas untuk dapat belajar; sebaliknya, sistem ini sepenuhnya bergantung pada pesan umpan balik yang memberi tahu apakah tindakannya benar atau salah. Pengetahuannya berkembang berdasarkan logika hukuman atau imbalan. Pendekatan ini sangat efektif dalam permainan dan pengendalian robot, di mana suatu proses permainan dapat diulang dalam simulasi hingga jutaan kali dengan kecepatan yang luar biasa. Pembelajaran penguatan tidak jauh berbeda dengan melatih seekor anjing, yakni dengan memberikan imbalan saat anjing tersebut mematuhi perintah. Faktanya, suatu bentuk pembelajaran penguatan juga berperan dalam proses belajar manusia termasuk dalam pelatihan dan pengembangan seorang arsitek mengingat dunia akademis maupun praktik profesional sama-sama menerapkan sistem imbalan berupa beamahasiswa, penghargaan, dan hadiah.

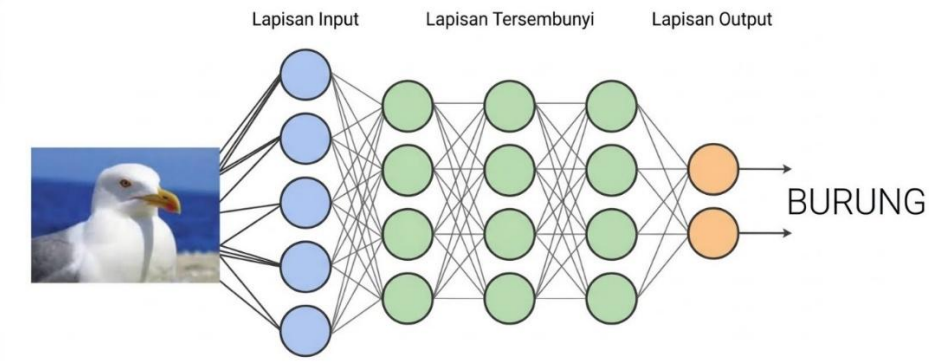
1.4 ALIRAN PEMIKIRAN DALAM MACHINE LEARNING

Pendekatan terhadap pembelajaran mesin dapat dibagi menjadi lima aliran pemikiran utama: simbolis (*symbolists*), koneksionis (*connectionists*), evolusioner (*evolutionaries*), Bayesian, dan analogis (*analogisers*). Pedro Domingos menyebut pendekatan-pendekatan berbeda ini sebagai ‘suku’ (*tribes*) sebuah istilah yang mungkin cukup tepat, mengingat sifat studi di bidang ini yang sering kali saling eksklusif dan kompetitif. Kelompok evolusioner mengandalkan pemrograman genetik yang terus berkembang dari satu generasi ke generasi berikutnya, mirip dengan proses seleksi alam. Kelompok Bayesian meyakini prinsip inferensi probabilistik untuk mengatasi masalah data yang tidak akurat (*noise*) dan informasi yang tidak lengkap. Kelompok analogis menggunakan logika analogi untuk mengenali dan belajar dari kemiripan. Namun, ‘suku’ yang paling signifikan dalam sejarah AI secara umum adalah kelompok simbolis dan koneksionis.

Kelompok simbolis meyakini pemecahan masalah melalui deduksi terbalik (*inverse deduction*), yakni dengan memanfaatkan pengetahuan yang sudah ada untuk mengidentifikasi pengetahuan tambahan apa yang diperlukan guna menarik suatu kesimpulan: ‘Bagi kelompok simbolis, kecerdasan dapat direduksi menjadi sekadar manipulasi simbol sama seperti seorang matematikawan yang menyelesaikan persamaan dengan mengganti satu ekspresi dengan ekspresi lainnya.’ Sementara itu, kelompok koneksionis mengandalkan jaringan saraf tiruan (*neural networks*) yang dimodelkan secara longgar berdasarkan struktur otak manusia. Mereka juga berupaya melakukan rekayasa balik (*reverse engineering*) terhadap cara kerja otak, agar keluaran suatu sistem dapat diselaraskan dengan respons yang diinginkan.

Sebagaimana diamati oleh Domingos, ‘Bagi kaum koneksionis, belajar adalah apa yang dilakukan oleh otak, sehingga yang perlu kita lakukan adalah melakukan rekayasa balik terhadapnya. Otak belajar dengan cara menyesuaikan kekuatan koneksi antarneuron; masalah krusialnya adalah menentukan koneksi mana yang bertanggung jawab atas kesalahan tertentu,

lalu mengubahnya sebagaimana mestinya.' Maka, tidak mengherankan jika koneksionisme dianggap sebagai pendekatan yang menawarkan wawasan terbaik mengenai cara kerja otak manusia.



Gambar 1.2 Diagram jaringan saraf. Jaringan saraf memproses citra dalam arah maju (*feed forward*), dengan perilakunya yang ditentukan oleh kekuatan sinapsis di antara lapisan-lapisan neuron.

Bagi seseorang di luar bidang ini, mungkin terasa ganjil bahwa terdapat begitu banyak pendekatan yang berbeda. Namun, faktanya selalu ada satu pendekatan yang dominan. Selama bertahun-tahun, pendekatan tersebut adalah simbolisme; akan tetapi, seiring dengan pengembangan bentuk-bentuk jaringan saraf tiruan yang lebih canggih serta munculnya pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang dimungkinkan oleh kehadiran Unit Pemrosesan Grafis (GPU) koneksionisme kini telah mengukuhkan posisinya sebagai paradigma yang dominan.

1.5 STRUKTUR DAN CARA KERJA JARINGAN SARAF TIRUAN

Jaringan saraf terdiri dari unit-unit pemroses informasi yang disebut 'neuron', serta koneksi yang mengendalikan aliran informasi di antara unit-unit tersebut yang disebut 'sinapsis'. Ethem Alpaydin mendefinisikan jaringan saraf sebagai '[sebuah] model yang terdiri dari jaringan unit-unit sederhana yang disebut neuron dan koneksi antarneuron yang disebut sinapsis. Setiap sinapsis memiliki arah dan bobot; bobot ini menentukan pengaruh neuron sebelumnya terhadap neuron berikutnya.' Jaringan saraf yang digunakan dalam kecerdasan buatan (AI) koneksionis harus dibedakan dari mesin virtual yang digunakan dalam AI simbolik. Jaringan saraf beroperasi secara paralel, mampu mengatur diri sendiri, dan dapat bekerja tanpa memerlukan pengetahuan ahli mengenai tugas atau domain tertentu. Sebagaimana dinyatakan oleh Boden, 'Instruksi sekuensial digantikan oleh paralelisme masif, kendali dari atas ke bawah (*top-down*) digantikan oleh pemrosesan dari bawah ke atas (*bottom-up*), dan logika digantikan oleh probabilitas.' Jaringan ini perlu dilatih dengan cara diberikan serangkaian pasangan *input-output* sebagai contoh pelatihan. Sistem kemudian 'belajar' seiring berjalannya waktu dan berupaya menemukan bobot optimal untuk setiap koneksi, sehingga ketika diberi input, output yang dihasilkan akan sesuai sejauh mungkin dengan contoh-contoh pelatihan tersebut. Meskipun demikian, sistem ini bersifat tangguh, mahir dalam mengenali

pola bahkan pola yang tidak lengkap serta mampu menangani data yang 'berantakan' atau tidak terstruktur. Bayangkan bagaimana Anda bisa melanjutkan sebuah melodi hanya dengan mendengar beberapa nada awalnya.

Cara paling sederhana bagi jaringan saraf untuk memproses citra adalah dengan beroperasi dalam satu arah, yang dikenal sebagai 'umpan maju' (*feed forward*). Sebuah jaringan terdiri dari 'lapisan input', 'lapisan output', dan di antaranya beberapa lapisan internal yang disebut 'lapisan tersembunyi' (*hidden layers*). Setiap lapisan terdiri dari neuron-neuron simulasi. Neuron-neuron ini 'menghitung' input yang diterimanya berdasarkan 'bobot' dari koneksi input tersebut, lalu menerapkan nilai ambang batas untuk menentukan 'nilai aktivasi'-nya. Dengan cara ini, setiap neuron mengekstrak dan menyaring 'fitur-fitur' tertentu, sebelum meneruskan nilai aktivasinya ke neuron-neuron di lapisan berikutnya. Setiap lapisan selanjutnya menghitung fitur-fitur pada tingkat yang semakin tinggi, hingga akhirnya dihasilkan output klasifikasi berdasarkan probabilitas kebenarannya.

Nama jaringan saraf diambil dari istilah neuron yang terdapat dalam otak manusia. Akan tetapi, meskipun terdapat beberapa perbandingan yang dapat ditarik antara jaringan saraf tiruan (*neural networks*) dan otak, perbedaan yang jelas harus dibuat antara 'neuron' dalam jaringan saraf tiruan dengan neuron di dalam otak. Tentu saja, jaringan saraf tiruan tidak secanggih otak manusia. Walaupun jaringan saraf tiruan dalam pembelajaran mendalam (*deep learning*) memiliki banyak lapisan, jumlahnya tidak sebanyak jaringan yang tak terhitung banyaknya di dalam otak manusia. Oleh karena itu, jaringan saraf tiruan tidak sepenuhnya dimodelkan berdasarkan otak manusia, melainkan lebih tepat dikatakan terinspirasi olehnya. Sebagaimana dikemukakan oleh Yoshua Bengio, "Sementara pembelajaran mesin (*machine learning*) berupaya memasukkan pengetahuan ke dalam komputer dengan membiarkan komputer belajar dari contoh-contoh, pembelajaran mendalam (*deep learning*) melakukannya dengan cara yang terinspirasi oleh otak."

Melanie Mitchell lebih memilih menggunakan istilah 'unit' daripada 'neuron', karena neuron yang disimulasikan memiliki kemiripan yang sangat minim dengan neuron yang sesungguhnya di dalam otak. Mitchell merangkum proses tersebut sebagai berikut: Untuk memproses suatu citra . . . jaringan melakukan komputasi lapis demi lapis, dari kiri ke kanan. Setiap unit tersembunyi (*hidden unit*) menghitung nilai aktivasinya; nilai-nilai aktivasi ini kemudian menjadi input bagi unit-unit keluaran (*output units*), yang selanjutnya menghitung aktivasi mereka sendiri . . . Aktivasi pada unit keluaran dapat dianggap sebagai tingkat keyakinan jaringan bahwa ia sedang 'melihat' angka yang bersangkutan; kategori angka dengan tingkat keyakinan tertinggi dapat dianggap sebagai jawaban dari jaringan tersebut yaitu klasifikasinya.

1.6 MEKANISME DEEP LEARNING DAN BACKPROPAGATION

Deep learning merupakan salah satu pendekatan dalam kecerdasan buatan yang mengandalkan mekanisme *backpropagation* atau propagasi balik untuk meningkatkan ketepatan hasil prediksi. Mekanisme ini bekerja dengan mengalirkan informasi mengenai kesalahan prediksi dari lapisan keluaran menuju lapisan-lapisan sebelumnya dalam jaringan

saraf tiruan (*neural network*). Melalui proses tersebut, nilai bobot (*weights*) yang sebelumnya digunakan akan disesuaikan dan diperbarui agar sistem mampu mengurangi kesalahan serta menghasilkan prediksi yang semakin mendekati nilai yang diharapkan. Dengan kata lain, *backpropagation* memungkinkan jaringan saraf melakukan evaluasi terhadap hasil sebelumnya dan memperbaiki parameter internalnya secara bertahap.

Keunggulan *deep learning* terletak pada penggunaan jaringan saraf dengan banyak lapisan tersembunyi (*hidden layers*) yang memungkinkan sistem mempelajari pola dan hubungan data secara lebih kompleks. Jumlah lapisan tersebut dapat bervariasi, mulai dari beberapa lapisan hingga mencapai lebih dari 1.000 lapisan, bergantung pada rancangan dan kebutuhan model. Banyaknya lapisan inilah yang menjadi dasar penggunaan istilah *deep* atau mendalam dalam *deep learning*. Dalam proses pelatihannya, satu kali putaran penuh terhadap seluruh data pelatihan, yang disertai dengan penyesuaian bobot jaringan, disebut sebagai satu *epoch*. Proses pelatihan umumnya membutuhkan banyak epoch, bahkan dapat mencapai ribuan kali pengulangan, untuk memperoleh performa model yang optimal. Meskipun demikian, penambahan jumlah epoch tidak selalu menjamin peningkatan akurasi karena kualitas hasil pelatihan juga dipengaruhi oleh karakteristik data, konfigurasi model, dan kemampuan sistem dalam melakukan generalisasi terhadap data baru.

1.7 CNN DALAM PENGENALAN DAN KLASIFIKASI CITRA

Terdapat berbagai jenis jaringan saraf tiruan. Dalam *deep learning*, *convolutional neural networks* (ConvNets) menjadi semakin populer, terutama untuk tugas klasifikasi citra. Istilah ‘konvolusi’ merujuk pada perhitungan yang dilakukan oleh setiap lapisan berdasarkan lapisan sebelumnya. Proses ini secara signifikan meningkatkan kemampuan klasifikasi citra, hingga membuat ConvNets digunakan secara luas di hampir semua bidang terkait. ConvNets dimodelkan berdasarkan korteks visual pada otak manusia. Ahli saraf David Hubel dan Torsten Wiesel mengamati bahwa otak memiliki berbagai lapisan neuron di dalam korteks visual yang berfungsi sebagai ‘detektor’. Neuron-neuron ini bekerja dalam suatu hierarki untuk mengenali fitur-fitur yang tingkat kompleksitasnya terus meningkat. Lapisan-lapisan ini beroperasi baik secara maju (*feed-forward*) maupun mundur (*feed-backwards*), yang menunjukkan bahwa persepsi kita sangat dipengaruhi oleh pengetahuan dan ekspektasi sebelumnya.

ConvNet bekerja dengan cara yang mirip dengan jaringan saraf standar, namun memiliki peta aktivasi yang didasarkan pada detektor di dalam otak yang beroperasi lapis demi lapis untuk mendeteksi fitur seperti tepi objek, bergantung pada orientasinya. Saat mencapai lapisan terakhir, ConvNet telah mendeteksi fitur-fitur yang relatif kompleks, berdasarkan kumpulan data yang digunakan untuk melatihnya. Pada tahap ini, modul klasifikasi yang terdiri dari jaringan saraf konvensional digunakan untuk mengevaluasi tingkat keyakinan jaringan tersebut (dalam bentuk persentase) dalam mengenali citra yang diberikan. Mitchell memberikan ringkasan yang bermanfaat mengenai proses yang sangat kompleks ini:



Gambar 1.3 Casey Rehm, Laure Michelon (Ushida Rehm Studio), Damjan Jovanovic dan Lidja Kljakovic (Lifeforms.io), Proyek New Campo Martio, Ars Electronica. New Campo Marzio merupakan sebuah permainan simulasi terbuka tanpa pemain (*zero-player*) yang ditenagai oleh kecerdasan buatan (AI). Permainan ini menghasilkan dunia 3D berdasarkan gambar Campo Marzio karya Giovanni Battista Piranesi, yang di dalamnya terdapat agen-agen otonom.

Terinspirasi oleh temuan Hubel dan Wiesel mengenai korteks visual otak, ConvNet mengambil citra masukan dan mengubahnya melalui konvolusi menjadi serangkaian peta aktivasi yang memuat fitur-fitur dengan tingkat kompleksitas yang terus meningkat. Fitur-fitur pada lapisan konvolusional tertinggi kemudian dimasukkan ke dalam jaringan saraf tiruan konvensional, yang menghasilkan persentase tingkat keyakinan untuk kategori objek yang telah dikenali oleh jaringan tersebut. Objek dengan tingkat keyakinan tertinggi ditetapkan sebagai klasifikasi jaringan terhadap citra tersebut.

1.8 LLM DAN MEKANISME KERJA TRANSFORMER

Model Bahasa Besar atau *Large Language Models* (LLM) telah muncul sebagai perkembangan yang mungkin paling signifikan dalam bidang kecerdasan buatan (AI) beberapa tahun terakhir. Meskipun versi pertamanya baru dirilis pada tahun 2018, teknologi ini telah memberikan dampak yang sangat besar. Sebagai bagian dari bidang yang lebih luas, yaitu Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing* atau NLP) yang bertujuan menjembatani kesenjangan antara komputer dan bahasa manusia LLM beroperasi terutama menggunakan teks. Secara garis besar, LLM merupakan jaringan saraf tiruan yang dilatih menggunakan pembelajaran mandiri (*self-supervised learning*) sebuah bentuk pembelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*) yang melibatkan data tanpa label. Selanjutnya, model ini disempurnakan melalui pembelajaran semi-terawasi (*semi-supervised learning*), di mana data berlabel digunakan agar model tersebut menjadi sangat mahir dalam tugas-tugas tertentu, seperti melakukan dialog.

Sesuai dengan namanya, LLM (*Large Language Model*) berukuran besar, meskipun kata "besar" mungkin terasa kurang tepat; istilah "sangat masif" jauh lebih sesuai. LLM dilatih menggunakan triliunan "token" berupa data teks yang diambil dari buku, artikel, serta dikumpulkan dari media sosial dan internet, termasuk situs seperti GitHub dan Wikipedia.

Untuk mencapai skala tersebut, LLM memanfaatkan komputasi paralel masif yang dimungkinkan oleh penemuan GPU. Hal ini memungkinkan pemrosesan berbagai tugas secara bersamaan, sehingga LLM dapat dilatih dengan jumlah data yang jauh lebih banyak.

LLM juga didasarkan pada sekitar 100 miliar parameter. Parameter ini memungkinkan model untuk mempelajari dan merepresentasikan hubungan rumit antara kata, frasa, dan kalimat hubungan yang "dipelajari" dari data pelatihan historis, namun dapat disesuaikan oleh model seiring proses pembelajarannya. Parameter-parameter ini sangat krusial dalam membantu LLM menghasilkan teks dengan tingkat akurasi dan konteks yang tinggi. Selain itu, teknik *reinforcement learning* (pembelajaran penguatan) dapat digunakan untuk menyempurnakan LLM misalnya agar berfungsi sebagai *chatbot* melalui umpan balik dari manusia. Setelah dilatih, model ini mampu memberikan jawaban atas pertanyaan dan menghasilkan teks secara hampir instan. Lebih lanjut, LLM juga memanfaatkan model transformer, sebuah teknologi terobosan yang kemunculannya sering disetarakan dengan penemuan internet atau ponsel pintar. Model transformer jauh lebih efisien dibandingkan model-model sebelumnya yang memproses kata secara berurutan. Model transformer tidak hanya mempercepat waktu pelatihan, tetapi juga memberikan memori yang lebih terstruktur bagi LLM, sehingga meningkatkan ketangguhannya.

Model transformer merupakan model pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang menggunakan mekanisme atensi (*attention mechanism*), alih-alih lapisan konvolusional atau lapisan rekuren yang secara tradisional digunakan dalam sistem encoder-decoder. Model transformer terdiri dari dua komponen: encoder dan decoder. Encoder memproses urutan input dengan memecah kata-kata menjadi "token". Transformer terinspirasi oleh kemampuan manusia untuk memusatkan perhatian secara selektif; di sinilah mekanisme atensi komponen yang sangat krusial berperan. Transformer menggunakan mekanisme atensi untuk "memperhatikan" setiap kata dalam sebuah kalimat, menilai tingkat kepentingan masing-masing kata, sembari secara bersamaan memanfaatkan mekanisme "atensi mandiri" (*self-attention*) untuk memahami makna keseluruhan kalimat tersebut. Selanjutnya, dekoder menghasilkan keluaran dengan memprediksi kata berikutnya dalam kalimat (seperti pada sistem OpenAI) atau kata yang hilang dalam kalimat (seperti pada sistem Google). Prediksi ini didasarkan pada informasi yang dipelajari dari enkoder, dengan tetap "memperhatikan" konteks dari kata-kata yang telah dihasilkan sebelumnya.

Penting untuk dicatat bahwa model transformer "mempelajari" konteks dan makna dengan melacak hubungan antar data. Hal ini memungkinkan model tersebut menyajikan informasi yang "peka terhadap konteks" (*context-aware*), sehingga relevan dan koheren. Kemampuan ini sangat vital karena, sebagaimana ditekankan secara konsisten oleh Wittgenstein dan pemikir lainnya, makna suatu kata sebagian besar ditentukan oleh penggunaannya dalam konteks tertentu. Akibatnya, model bahasa besar (*Large Language* Models atau LLM) mengandalkan prinsip "pengetahuan yang terwujud" (*embodied knowledge*) dan membuat prediksi berdasarkan logika asosiatif, misalnya: "Apa yang mungkin dikatakan seseorang dalam konteks seperti ini?" Dalam aspek ini, meskipun tidak memiliki pemahaman sejati, kesadaran, maupun intensionalitas, cara kerja LLM tidak jauh berbeda

dengan cara kerja pikiran manusia. Faktanya, logika asosiasi merupakan hal yang esensial bagi kelangsungan hidup kita. Sebagai contoh, saat melihat lingkaran berwarna merah terang pada kompor, kita tahu untuk tidak menyentuhnya; hal ini karena kita telah belajar melalui asosiasi bahwa sesuatu yang berwarna merah terang kemungkinan besar bersuhu sangat panas.

1.9 OPENAI DAN PERKEMBANGAN GENERASI MODEL GPT

OpenAI adalah sebuah perusahaan rintisan yang diluncurkan di San Francisco pada tahun 2015 oleh sekelompok orang yang mencakup Elon Musk, Sam Altman, Greg Brockman, Ilya Sutskever, John Schulman, dan Wojciech Zaremba. Sesuai dengan namanya, misi dan dasar pemikiran awal OpenAI adalah untuk mendorong keterbukaan dan transparansi dalam pengembangan perangkat kecerdasan buatan (AI). Organisasi ini dirancang sebagai lembaga nirlaba sumber terbuka (*open source*) yang berlandaskan pada prinsip berbagi pengetahuan, dengan tujuan mencegah pemusatan kekuasaan di tangan perusahaan-perusahaan besar tertentu, sehingga AI dapat dimanfaatkan demi kepentingan seluruh umat manusia secara aman dan terjamin. Namun, pada tahun 2017, OpenAI beralih menjadi perusahaan berorientasi laba dan menjalin kemitraan dengan Microsoft. Perubahan ini membuat OpenAI kehilangan dasar pemikiran awalnya prinsip yang sebelumnya menarik tokoh-tokoh terkemuka, seperti Musk, untuk berinvestasi di dalamnya. Musk kemudian mengundurkan diri dari dewan direksi dan sempat menggugat OpenAI karena dianggap gagal mempertahankan statusnya sebagai organisasi nirlaba sumber terbuka.

OpenAI merupakan pengembang seri *Generative Pre-trained Transformer* (GPT), salah satu seri *Large Language Model* (LLM) yang paling sukses. Hingga saat ini, telah ada beberapa generasi model GPT, namun pengembangan model-model awalnya tergolong sangat menarik. GPT-1 diumumkan pada tahun 2018 dan memanfaatkan metode pembelajaran semi-terawasi (*semi-supervised learning*), yang berbeda dari teknik pembelajaran terawasi (*supervised learning*) yang digunakan sebelumnya. GPT-2 diumumkan satu tahun kemudian, pada tahun 2019. GPT-2 dilatih menggunakan data sepuluh kali lebih banyak dan mencakup jumlah parameter sepuluh kali lebih besar. Hasilnya, model ini terbukti jauh lebih canggih dibandingkan GPT-1, bahkan mampu melakukan penerjemahan dalam skala terbatas. GPT-3 diluncurkan pada Juni 2020, dan pada saat peluncurannya, model ini jauh lebih besar dibandingkan LLM lainnya yang ada pada waktu itu. Model ini memiliki 1,5 miliar parameter dan menggunakan 17 gigabita data pelatihan.

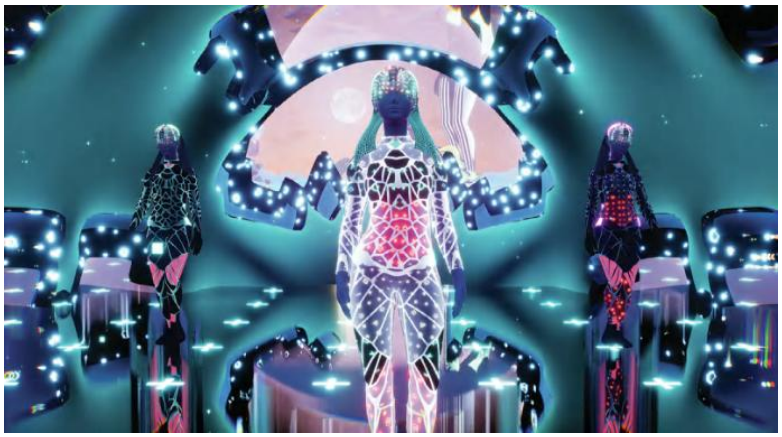
Sebagai gambaran skalanya, GPT-3 sepuluh kali lebih besar daripada model Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing*) berikutnya, yaitu Turing Natural Language Generator dari Microsoft meskipun tidak lama kemudian Microsoft mengeklaim memiliki model yang lebih besar. Dengan peluncuran GPT-3, seri ini mulai menunjukkan potensi yang nyata. GPT-3 memberikan dampak langsung dan mengejutkan banyak orang melalui kemampuannya. Peluncuran GPT-3.5 menyusul pada Maret 2022, diikuti oleh GPT-4 pada Maret 2023; masing-masing menghadirkan peningkatan signifikan dibandingkan model sebelumnya. GPT-4 menggunakan 45 gigabita data pelatihan dan dikabarkan dilatih dengan 1,76 triliun parameter peningkatan yang sangat besar dibandingkan GPT-3 meskipun OpenAI

sendiri belum mengungkapkan angka pastinya. Selain itu, terdapat penekanan yang jauh lebih besar pada peningkatan aspek keamanan dan penyelarasan (*alignment*), yang berarti hasil yang dihasilkan kemungkinan besar akan jauh lebih akurat.

1.10 GOOGLE DAN PENGEMBANGAN MODEL BAHASA BESAR LAMDA

Dalam ranah model bahasa besar (LLM), pesaing utama OpenAI adalah Google, meskipun belum dapat dipastikan sampai kapan situasi ini akan bertahan. Faktanya, Google memegang peranan kunci dalam pengembangan LLM; pada tahun 2017, perusahaan ini menciptakan arsitektur transformer, yang menjadi landasan bagi keberadaan LLM. Pada Mei 2021, Google mengumumkan Language *Model for Dialogue Applications* (LaMDA) sebuah model bahasa untuk aplikasi dialog yang setara dengan GPT dari OpenAI dan setahun kemudian meluncurkan penerusnya, LaMDA-2. Google sempat berencana merilis LaMDA untuk publik, namun rencana tersebut dibatalkan menyusul kontroversi yang melibatkan salah satu insinyurnya, Blake Lemoine, yang mengeklaim bahwa LaMDA memiliki kesadaran layaknya makhluk hidup (*sentient*). Kontroversi Lemoine ini menarik perhatian luas dari media, meskipun konsensus di kalangan komunitas ilmiah menyatakan bahwa jaringan saraf tiruan (*neural networks*) belum memiliki kesadaran.

Tentu saja, sangat mudah bagi kita untuk melakukan antropomorfisme memberikan sifat-sifat manusia kepada chatbot ini dan memperlakukannya seolah-olah mereka adalah lawan bicara manusia yang nyata. Situasi ini menjadi lebih rumit karena adanya artikel yang ditulis oleh wakil presiden Google, Blaise Aguera y Arcas, yang menyatakan bahwa LaMDA telah menunjukkan "kemajuan" menuju kesadaran, meskipun ia tidak secara eksplisit mengeklaim seperti yang dilakukan Lemoine bahwa model tersebut telah benar-benar memiliki kesadaran. Pada akhirnya, Lemoine dipecat oleh Google karena dianggap melanggar kebijakan perusahaan. Poin utamanya adalah, dengan tidak merilis LaMDA kepada publik, Google secara tidak langsung memberikan keuntungan besar bagi pesaingnya, OpenAI.



Gambar 1.4 Damjan Jovanovic dan Lidja Kljakovic (*Lifeforms.io*), Dream Estate (2020). Dream Estate merupakan simulasi dunia yang berjalan secara mandiri, dihuni oleh android-android yang dikendalikan oleh kecerdasan buatan (AI) dan dihasilkan melalui prosedur komputasi tertentu (*procedurally generated*).

1.11 EVOLUSI CHATBOT: DARI ELIZA HINGGA CHATGPT

Secara teknis, chatbot (yang awalnya disebut '*chatterbot'*) bukanlah hal baru. Versi-versi awal mencakup ELIZA, yang diluncurkan pada tahun 1966 oleh Joseph Weizenbaum. Meskipun tampak cerdas, sistem ini sebenarnya didasarkan pada prosedur sederhana mengenali kata-kata tertentu dalam percakapan yang berfungsi sebagai pemicu untuk mengeluarkan jawaban yang telah diprogram sebelumnya, sehingga menciptakan kesan seolah-olah terjadi percakapan yang cerdas. Namun, Weizenbaum sendiri mengakui betapa dangkalnya sistem tersebut: 'Dalam kecerdasan buatan, mesin dibuat untuk berperilaku dengan cara yang menakjubkan, sering kali cukup untuk memukau pengamat yang paling berpengalaman sekalipun. Akan tetapi, begitu cara kerja program tersebut terungkap begitu mekanisme internalnya dijelaskan keajaibannya pun sirna; sistem itu ternyata hanyalah sekumpulan prosedur belaka.'

Seiring berjalannya waktu, chatbot menjadi semakin canggih dan populer di banyak perusahaan, terutama dalam layanan pelanggan untuk menangani pertanyaan-pertanyaan rutin. Meski merupakan peningkatan dibandingkan model-model awal, kemampuan chatbot tersebut tetap sangat terbatas. Semua itu berubah dengan munculnya generasi baru chatbot berbasis kecerdasan buatan generatif (*generative* AI) dipelopori oleh ChatGPT yang memanfaatkan pembelajaran mendalam (*deep learning*) dan pemrosesan bahasa alami (*natural language processing*). *Chatbot* ini dikembangkan sebagai sarana bagi publik untuk berinteraksi dengan logika *Large Language Model* (LLM), yang telah disesuaikan (*fine-tuned*) agar mampu mengikuti instruksi.

Chatbot generasi baru ini beroperasi layaknya percakapan antarmanusia. Berbeda dengan mesin pencari tradisional yang merupakan sistem perangkat lunak untuk menemukan halaman web berdasarkan kueri teks *chatbot* jenis baru ini mampu menyusun jawaban langsung atas pertanyaan pengguna, berdasarkan informasi yang tersimpan di dalam model itu sendiri. *Chatbot* ini sangat mahir dalam menghasilkan respons yang koheren, akurat secara tata bahasa, dan memiliki ejaan yang sempurna. Sistem ini dapat mengingat sejumlah perintah (*prompt*) sebelumnya dalam sebuah percakapan, memungkinkan pengguna untuk mengajukan pertanyaan lanjutan, bahkan mampu mengakui kesalahan sendiri. Chatbot ini dapat beroperasi dalam berbagai bahasa serta menghasilkan teks dengan beragam gaya dan format. Selain itu, *chatbot* ini mampu menulis dan memperbaiki (*debugging*) kode program komputer, serta menjawab persoalan matematika. *Chatbot* juga dapat digunakan untuk memeriksa, meringkas, menyunting, dan memberikan masukan terhadap teks yang sudah ada. Terlebih lagi, perangkat ini mampu menghasilkan jawaban bahkan untuk pertanyaan yang rumit dalam hitungan beberapa detik, dan sebagian besar versi standarnya tetap dapat digunakan secara gratis. Selain itu, kemunculannya telah memicu perlombaan inovasi yang dipastikan akan menghadirkan model-model yang jauh lebih baik. Singkatnya, kehadiran *chatbot* baru ini telah memberikan dampak radikal dalam dunia kecerdasan buatan generatif (*generative AI*).

1.12 PELUNCURAN CHATGPT DAN TEROBOSAN OPENAI PADA 2022

ChatGPT terbukti menjadi terobosan yang benar-benar mengubah segalanya. Namun, ironisnya, peluncuran ChatGPT justru merupakan langkah yang tidak direncanakan sejak awal oleh OpenAI. Faktanya, pada awal November 2022, sama sekali tidak ada rencana untuk meluncurkannya. Saat itu, seluruh perusahaan justru berfokus pada model yang lebih canggih yang sedang dikembangkan, yaitu GPT-4. Akan tetapi, GPT-4 memiliki sejumlah masalah; terkadang model tersebut menghasilkan ujaran kebencian dan pernyataan yang sama sekali tidak masuk akal. Akibatnya, OpenAI terus menunda peluncurannya. Di sisi lain, perusahaan juga sangat menyadari potensi persaingan dari pihak lain yang sedang mengembangkan chatbot AI serupa, sehingga mereka merasa terdesak untuk segera melakukan sesuatu.

Di sinilah peran GPT-3.5. Sebuah strategi alternatif yang sempat dibahas saat itu adalah meluncurkan GPT-3.5 versi yang lebih lama dan tidak secanggih GPT-4 untuk diuji coba di pasar, dengan memanfaatkan masukan yang diperoleh guna melakukan penyempurnaan. Pada pertengahan November, strategi alternatif ini tiba-tiba menjadi kenyataan. Dalam sebuah rapat direksi, Sam Altman mengambil keputusan mendadak untuk merilis versi yang lebih lama dan kurang canggih tersebut: "Rencananya adalah menamainya *'Chat with GPT-3.5'* dan meluncurkannya sebelum akhir bulan. Mereka menyebutnya sebagai 'pratinjau riset yang sederhana'." Seperti yang diungkapkan oleh Mira Murati, CTO OpenAI: "Kami berencana menyajikannya sebagai rilis riset. Langkah ini meminimalkan risiko dari berbagai aspek sekaligus memungkinkan kami untuk belajar banyak. Kami berupaya bergerak cepat dalam beberapa hari ke depan untuk mewujudkannya."

Kabarnya, "Bagi siapa pun yang berada di dalam ruangan tersebut, keputusan itu tidak terasa sebagai sesuatu yang besar." Namun, kenyataannya justru sebaliknya; keputusan tersebut terbukti menjadi langkah yang sangat krusial benar-benar sebuah keputusan yang sangat penting. OpenAI menambahkan antarmuka pengguna grafis (GUI) yang sudah ada, mengubah namanya menjadi ChatGPT, dan—voila!—ChatGPT pun resmi diluncurkan hanya beberapa hari kemudian, tepatnya pada 30 November 2022.

1.13 PERSAINGAN DAN DINAMIKA INDUSTRI CHATBOT AI GENERATIF

Kehadiran ChatGPT sebagai chatbot generasi baru berhasil menarik perhatian luas dan menjadi pemicu munculnya berbagai platform kecerdasan buatan lainnya. Tidak lama setelah peluncurannya, Google turut memperkenalkan Bard, yang kemudian berganti nama menjadi Gemini. Chatbot ini dikembangkan melalui kolaborasi Google dengan perusahaan riset kecerdasan buatannya, DeepMind, yang kini dikenal sebagai Google DeepMind. Persaingan dalam industri kecerdasan buatan semakin berkembang seiring munculnya perusahaan-perusahaan baru yang didirikan oleh mantan karyawan dari perusahaan teknologi besar. Salah satu contohnya adalah Anthropic, perusahaan yang didirikan pada tahun 2021 oleh sejumlah mantan karyawan OpenAI. Keputusan mereka untuk meninggalkan perusahaan tersebut dilatarbelakangi oleh ketidakpuasan terhadap akuisisi OpenAI oleh Microsoft. Dalam perkembangannya, Anthropic berhasil memperoleh dukungan investasi dari perusahaan besar, seperti Amazon dan Google. Meskipun tergolong sebagai pendatang baru, perusahaan ini

mulai mendapatkan perhatian luas setelah meluncurkan chatbot Claude 3 pada Maret 2024. Produk tersebut dilaporkan mampu menunjukkan kinerja yang kompetitif, bahkan diklaim melampaui GPT-4 dari OpenAI dan Gemini dari Google.

Selain Anthropic, terdapat pula perusahaan lain yang turut meramaikan persaingan, salah satunya Perplexity yang diluncurkan pada Agustus 2022 dan juga didirikan oleh mantan karyawan OpenAI. Perkembangan serupa terlihat pada Inflection AI, yang didirikan bersama Mustafa Suleyman, salah satu pendiri DeepMind. Dalam perjalanan kariernya, Suleyman kemudian menduduki posisi sebagai CEO Microsoft AI. Kemunculan berbagai perusahaan tersebut menunjukkan bahwa perkembangan industri kecerdasan buatan tidak hanya ditandai oleh kerja sama dan penggabungan perusahaan, tetapi juga oleh munculnya entitas baru yang dibentuk oleh individu-individu yang sebelumnya bekerja di perusahaan teknologi besar.

Fenomena ini memperlihatkan dua kecenderungan yang berlangsung secara bersamaan dalam industri AI, yaitu konsolidasi melalui merger dan aliansi strategis, serta bifurkasi atau pemisahan yang mendorong terbentuknya perusahaan-perusahaan baru. Kolaborasi antara Google dan DeepMind, serta kemitraan Microsoft dengan OpenAI, merupakan contoh konsolidasi kekuatan dalam industri tersebut. Sebaliknya, keputusan sejumlah mantan karyawan untuk meninggalkan perusahaan induk dan membangun organisasi sendiri mencerminkan proses pemisahan yang turut memperluas ekosistem persaingan.

Melihat dinamika tersebut, persaingan dalam industri kecerdasan buatan diperkirakan akan semakin kompleks seiring bertambahnya jumlah perusahaan dan inovasi teknologi yang dikembangkan. Kondisi ini juga memunculkan pertanyaan mengenai keberlanjutan dominasi kelompok perusahaan yang saat ini dianggap sebagai kekuatan utama dalam industri AI. Apakah kemitraan Google dengan DeepMind dan Microsoft dengan OpenAI akan tetap menjadi poros utama persaingan, atau justru akan muncul kekuatan-kekuatan baru yang mengubah peta industri kecerdasan buatan pada masa mendatang?

1.14 KETERBATASAN, BIAS, DAN KEANDALAN CHATBOT AI GENERATIF

Terlepas dari kemampuannya yang mengesankan, generasi baru chatbot ini bukannya tanpa keterbatasan. Seperti halnya model bahasa besar (LLM) pada umumnya, chatbot ini rentan mengalami "halusinasi" dan menghasilkan informasi yang keliru. Sebuah perkiraan menyebutkan bahwa tingkat keandalan keseluruhan dari versi awal ChatGPT hanya sekitar 52 persen, dengan kinerja yang kurang optimal pada bidang-bidang tertentu, seperti sains dan hukum. Selain itu, chatbot juga rentan terhadap norma budaya dan bias manusia yang terkandung dalam data yang digunakan untuk melatihnya. Mengingat dunia daring berisiko menjadi ruang gema (*echo chamber*), bias-bias tersebut bahkan bisa diperkuat, yang pada gilirannya melanggengkan stereotip dan mendorong rasisme. Di samping itu, data tersebut juga memiliki penanda waktu berdasarkan kapan data itu diambil dari internet maupun sumber lain yang berarti sebagian informasinya bisa saja segera menjadi usang. Singkatnya, meskipun jawaban yang diberikan tampak fasih, chatbot tetap tidak sepenuhnya dapat

diandalkan dan memiliki tingkat kemahiran yang berbeda-beda untuk tugas yang berbeda pula.

Penting juga untuk dipahami bahwa chatbot hanya meniru percakapan manusia. Sebagaimana dikemukakan oleh Stephen Wolfram, "Chatbot hanya melontarkan hal-hal yang 'terdengar tepat' berdasarkan bagaimana sesuatu 'terdengar' dalam data pelatihannya." Namun, yang luar biasa bahkan mengejutkan bagi banyak pakar di bidang ini adalah betapa miripnya hasil yang ditampilkan dengan apa yang mungkin ditulis atau diucapkan oleh manusia. Hal ini mengisyaratkan bahwa cara kerjanya mungkin tidak jauh berbeda dengan cara manusia menyusun kalimat. Bagi Wolfram, fakta bahwa chatbot mampu menghasilkan teks yang masuk akal menyiratkan bahwa kegiatan menulis ternyata "secara komputasional lebih mudah" daripada yang kita bayangkan selama ini. Menurutnya, hal ini berpotensi membuka jalur studi baru mengenai pikiran manusia: "Ini menunjukkan sesuatu yang setidaknya penting secara ilmiah: bahwa bahasa manusia (serta pola pikir di baliknya) ternyata lebih sederhana dan lebih 'teratur' seolah mengikuti hukum tertentu dalam strukturnya dibandingkan dugaan kita. ChatGPT secara implisit menemukan hal ini. Namun, kita bisa mengungkapnya secara eksplisit melalui tata bahasa semantik, bahasa komputasional, dan sebagainya."

Lantas, apakah kegiatan menulis manusia sebenarnya lebih lugas dan bersifat formulaik daripada yang kita kira selama ini yakni dengan mengandalkan frasa-frasa umum dan cara berekspresi standar yang diambil dari "data pelatihan" kita sendiri, yang dianggap "terdengar tepat" dalam situasi tertentu? Efektivitas fitur pelengkapan otomatis (*autocomplete*) Google, seperti *Smart Compose* yang menawarkan saran untuk menyelesaikan kalimat tampaknya mendukung gagasan ini. Meskipun demikian, di dunia di mana banyak orang lebih menghargai kecepatan daripada akurasi, chatbot telah menjadi wajah publik bagi kecerdasan buatan (AI). Selain itu, chatbot memiliki keunggulan dalam hal tata bahasa dan ejaan yang umumnya tepat, dan kualitas informasi yang disajikannya pun kemungkinan akan terus meningkat seiring waktu. Jelas sekali, chatbot akan terus ada dan menjadi bagian dari keseharian kita.

1.15 KEMAMPUAN EMERGEN PADA LLM DAN FENOMENA EMERGENSI

Mungkin atribut yang paling menarik sekaligus luar biasa dari LLM (model bahasa besar) dan chatbot adalah kapasitasnya untuk mengembangkan ‘kemampuan emergen’ (*emergent abilities*), yang juga disebut sebagai ‘kapabilitas emergen’. Kemampuan ini memberi mereka potensi untuk terlibat dalam percakapan yang sering kali sangat meyakinkan dan menyerupai cara manusia berbicara, menghasilkan tulisan yang ‘kreatif’, menerjemahkan bahasa, menulis kode, bernalar melalui analogi, memecahkan teka-teki rumit, bahkan bisa dikatakan melakukan perancangan (desain).

Ini adalah kemampuan yang sama sekali tidak terduga, yang diperoleh LLM dan chatbot di bidang-bidang yang tidak diprogramkan secara eksplisit kepada mereka. Secara komputasional, LLM sebenarnya tidak terlalu canggih dan didasarkan pada kode yang relatif terbatas. Sebaliknya, kemampuan ini muncul secara implisit sebagai hasil dari paparan terhadap data dalam jumlah masif selama proses pelatihan, serta didasarkan pada kapasitas model tersebut untuk mendeteksi dan mempelajari pola serta hubungan kompleks yang

terkandung di dalam data tersebut. Dengan demikian, faktor krusial di balik keberhasilan mereka bukanlah kompleksitas algoritma, melainkan jumlah data yang digunakan untuk melatihnya. Selain itu, penting untuk dicatat bahwa kemampuan ini tidak dapat dideteksi pada model yang lebih kecil, melainkan hanya muncul pada model yang lebih besar. Dalam konteks LLM, ukuran sangatlah menentukan.

Menariknya, cara LLM 'menyerap' kemampuan ini melalui paparan terhadap data dalam jumlah yang sangat besar tidak jauh berbeda dengan cara manusia memperoleh informasi meskipun tentu saja manusia memiliki kedalaman pemahaman yang lebih besar. Bagaimanapun, bahasa sering kali dipelajari, dan aksen tertentu diadopsi, semata-mata karena seseorang terpapar pada orang lain yang berbicara menggunakan bahasa atau aksen tersebut. Begitu pula dalam pendidikan arsitektur; desain jarang diajarkan secara eksplisit, melainkan lebih sering 'diserap' secara implisit melalui keterlibatan mendalam dalam budaya arsitektur. 'Kemampuan emergen' atau 'kapabilitas emergen' ini memicu perbandingan dengan teori emergensi (teori kemunculan).

Fenomena emergensi terjadi ketika sifat-sifat kompleks 'muncul' secara spontan dari interaksi yang relatif sederhana antarbagian dalam suatu sistem, yang menghasilkan keluaran baru yang lebih besar daripada sekadar jumlah dari bagian-bagian tersebut. Philip Anderson mendefinisikan emergensi sebagai berikut: 'Emergensi adalah kondisi di mana perubahan kuantitatif dalam suatu sistem menghasilkan perubahan kualitatif dalam perilaku.' Contoh emergensi dapat ditemukan di alam, seperti pola terbang kawanan burung jalak (*murmuration*), atau saat semut-semut bekerja secara kolektif untuk menyelesaikan tugas tertentu; begitu pula dalam kehidupan budaya, seperti pembentukan bahasa dan tren. Bahkan, budaya itu sendiri bisa dikatakan sebagai sesuatu yang bersifat emergen. Tampaknya, semakin besar sistem yang terdiri dari banyak agen (multi-agen), semakin besar pula potensi munculnya perilaku emergen sama halnya dengan semakin besar kumpulan data pelatihan, semakin besar pula kecenderungan munculnya 'kemampuan emergen' dalam model bahasa besar (LLM). Namun, meskipun fenomena emergensi cukup mudah untuk dideskripsikan, fenomena ini tidaklah mudah untuk didefinisikan dan dijelaskan secara ilmiah, sehingga tetap menyisakan misteri. John Holland, salah satu pakar terkemuka mengenai emergensi, bahkan memilih untuk tidak memberikan definisi formal dan terus menekankan betapa sulitnya menyusun penjelasan ilmiah yang komprehensif mengenai fenomena ini.

Hal ini terutama berlaku untuk contoh 'emergensi kuat' (*strong emergence*) seperti norma sosial, nilai-nilai budaya, dan sistem biologis baru yang, berbeda dengan 'emergensi lemah' (*weak emergence*), tidak dapat dimodelkan secara komputasional karena tidak dapat direduksi menjadi sekadar jumlah dari bagian-bagian penyusunnya. Faktanya, emergensi kuat begitu sulit dipahami hingga filsuf Mark Bedau menggambarkannya sebagai sesuatu yang terasa janggal, hampir seperti sihir. Dengan kata lain, meskipun kita dapat mengamati fenomena-fenomena ini, kita belum memiliki penjelasan ilmiah yang memadai mengenai mengapa atau bagaimana hal tersebut bisa terjadi. Bisa dikatakan bahwa kemampuan emergen merupakan fitur dari LLM dan chatbot yang paling tidak dipahami, namun sekaligus yang paling penting. Terlepas dari apakah fenomena ini dapat dikategorikan secara tepat

sebagai bentuk ‘emergensi’ atau bukan, sifatnya tetap sama misteriusnya. Dan, seperti halnya konsep emergensi itu sendiri, kemampuan ini sulit dijelaskan secara ilmiah sama seperti cara kerja pembelajaran mendalam (*deep learning*) secara umum. Namun, ada pula sesuatu yang berpotensi meresahkan terkait LLM dan chatbot. Kita menyadari bahwa kini mereka telah mulai memahami berbagai bahasa dan menulis kode. Akan tetapi, apa lagi yang telah mereka pelajari? ‘ChatGPT, apa jawaban untuk kehidupan, alam semesta, dan segalanya?’

BAB 2
SEJARAH SINGKAT AI

Kita bisa melacak asal-usul AI hingga ke mitos dan legenda tentang kehidupan buatan pada zaman klasik dan masa-masa setelahnya. Kita juga bisa menelusurinya melalui kisah-kisah religius maupun sastra yang lebih baru, seperti legenda Golem atau cerita Frankenstein. Selain itu, kita bisa merunutnya kembali ke perkembangan penalaran formal dalam filsafat. Tanpa bidang logika yang diletakkan dasarnya oleh Aristoteles, kita tidak akan memiliki komputer modern. Begitu pula, tanpa upaya Leibniz untuk mereduksi pemikiran manusia ke dalam bentuk perhitungan tertentu, kita tidak akan memiliki komputer yang mampu melakukan penalaran layaknya manusia. Kita pun bisa melacaknya melalui perkembangan dalam matematika; tanpa operasi aljabar yang diformalkan oleh George Boole, kita tidak akan memiliki logika Boolean yang menjadi landasan komputasi.

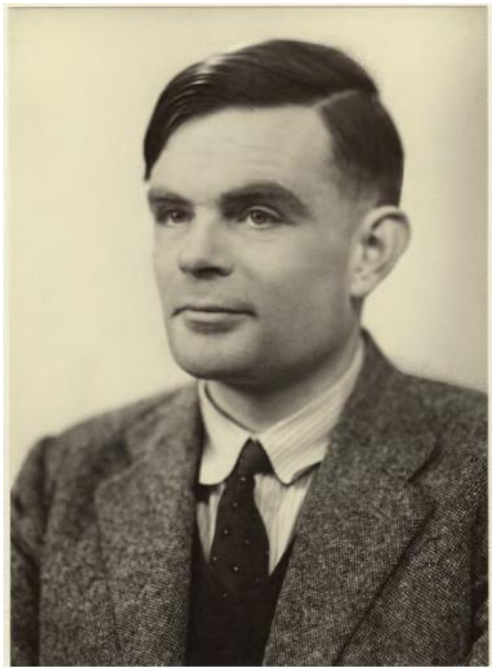
Di sisi lain, jika kita membatasi pembahasan pada ranah ilmu komputer, asal-usul AI dapat ditelusuri hingga ke tokoh-tokoh seperti cendekiawan serba bisa asal Inggris, Charles Babbage penemu *Difference Engine* dan *Analytical Engine* serta matematikawan Augusta Ada King, *Countess of Lovelace* (dikenal sebagai Ada Lovelace), yang berkolaborasi dengannya dan sering dianggap sebagai salah satu pemrogram komputer pertama. Meski demikian, secara umum diakui bahwa tokoh lain yang juga merupakan cendekiawan serba bisa asal Inggris, Alan Turing, adalah orang pertama yang benar-benar mengkaji potensi kecerdasan dalam bentuk buatan.

2.1 ALAN TURING: PELOPOR KOMPUTASI DAN DASAR AI

Pada tahun 1936, Turing menulis sebuah makalah yang diterbitkan pada tahun 1937 berjudul '*On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem'*. Dalam makalah tersebut, ia meletakkan dasar konseptual bagi komputasi seperti yang kita kenal sekarang, dengan mendeskripsikan apa yang awalnya ia sebut sebagai '*a-machine'* atau 'mesin otomatis'. Konsep ini kemudian dikenal sebagai Mesin Turing. Turing memainkan peran vital dalam intelijen Inggris selama Perang Dunia II (1939–1945). Ia menggunakan 'Bombe', sebuah perangkat elektromekanis, untuk memecahkan pesan-pesan Jerman. Tantangannya adalah membongkar kode Enigma dan mengungkap isi rahasia dari pesan-pesan berkode yang dikirim ke dan dari angkatan bersenjata Jerman. Setelah timnya berhasil melakukan hal tersebut, Turing sangat berhati-hati agar tidak memberikan petunjuk apa pun kepada pihak Jerman mengenai keberhasilan Inggris. Ia memastikan tidak ada intervensi dalam situasi militer yang didasarkan pada informasi yang hanya bisa diperoleh melalui pemecahan kode Jerman tersebut.

Setelah perang usai, Turing bekerja untuk *National Physical Laboratory* dalam pengembangan *Automatic Computing Engine* (ACE), sebuah bentuk awal komputer dengan program tersimpan (*stored-program computer*). Pada tahun 1948, ia menerima posisi akademis di Victoria University of Manchester dan merancang perangkat lunak untuk

Manchester Mark 1, salah satu komputer dengan program tersimpan yang pertama. Selama periode ini, Turing juga mengerjakan program komputer yang mampu bermain catur. Selain itu, ia kemudian tertarik pada morfogenesis biologis dan mengembangkan teori 'reaksi-difusi'. Ia juga merupakan orang pertama yang menyadari adanya hubungan antara kehidupan buatan (*artificial life*) dan kecerdasan buatan (AI). Cakupan minat intelektual Turing sungguh luar biasa. Seolah itu belum cukup, Turing juga berhasil menempati posisi kelima dalam lomba maraton pada kejuaraan nasional Inggris tahun 1947. Turing bukan hanya salah satu polimatik terhebat sepanjang masa, tetapi juga sosok manusia yang benar-benar universal.



Gambar 2.1 Alan Turing, foto potret karya Elliott & Fry, National Portrait Gallery. Kiprah heroik Alan Turing pelopor bidang komputasi selama masa perang sebagian besar tidak diketahui hingga setelah ia wafat.

Terkait keterlibatannya dalam bidang AI, momen paling signifikan terjadi pada tahun 1950, ketika Turing menerbitkan makalah berjudul "*Computing Machinery and Intelligence*", di mana ia berspekulasi mengenai kemungkinan pengembangan mesin yang mampu berpikir. Ia menjabarkan sebuah teknik untuk menilai apakah kecerdasan suatu "mesin yang berpikir" dapat menyamai kecerdasan manusia. Teknik ini, yang awalnya dinamai berdasarkan permainan pesta populer "*Imitation Game*" (Permainan Meniru), kemudian dikenal sebagai "*Turing Test*" (Uji Turing). Aspek cerdas dari *Turing Test* adalah bahwa kita tidak perlu mendefinisikan istilah-istilah seperti "mesin" atau "berpikir". Sebaliknya, sebuah permainan sederhana dimainkan antara seorang juri, seorang manusia, dan sebuah program komputer. Baik manusia maupun program komputer tersebut ditempatkan di balik layar sehingga tidak terlihat oleh juri. Tantangannya adalah agar program komputer tersebut dapat bersaing dengan manusia dengan cara terlibat dalam percakapan dan menjawab pertanyaan yang diajukan oleh juri, sedemikian rupa sehingga tidak dapat dibedakan dari cara manusia

menjawab. Semua interaksi dilakukan melalui saluran berbasis teks, sehingga komputer tidak perlu benar-benar berbicara. Jika program komputer tersebut berhasil meyakinkan juri bahwa ia adalah seorang manusia, maka ia dianggap lulus dalam *Turing Test*. Sebagaimana sering diamati, kecerdasan buatan (AI) bersifat tidak terlihat.

Demikian pula, meskipun karya awal Turing mengenai kode Enigma bertujuan untuk mengungkap rahasia, proses pengerjaannya sendiri sangatlah rahasia. Hal ini benar-benar tidak terlihat karena dilakukan sebagai bagian dari program studi masa perang yang sangat rahasia di Bletchley Park, Inggris, serta diklasifikasikan sebagai informasi rahasia di bawah Undang-Undang Rahasia Resmi (*Official Secrets Act*). Akibatnya, hal tersebut tetap menjadi rahasia hingga akhirnya dibuka untuk umum pada pertengahan tahun 1970-an. Dengan demikian, masyarakat luas sama sekali tidak mengetahui studi yang dilakukan oleh Turing. Seolah-olah, karyanya justru menjadi teka-teki yang jauh lebih misterius daripada kode yang berhasil ia pecahkan.

Saat ini, tentu saja, Turing dikenal luas, terutama setelah dirilisnya film *The Imitation Game* yang disutradarai oleh Morten Tyldum, dengan Benedict Cumberbatch memerankan sosok Turing. Selain itu, wajah Turing kini menghiasi setiap uang kertas Rp 500.000, disertai kutipan terkenalnya: "Ini hanyalah gambaran awal dari apa yang akan datang, dan sekadar bayangan dari apa yang kelak akan terwujud." Dari sosok yang dulunya sama sekali tidak dikenal, Turing kini telah menjadi figur terkemuka dalam dunia komputasi dan kecerdasan buatan (AI), sekaligus ikon bagi komunitas gay. Namun, terlepas dari kerahasiaan yang menyelimuti sebagian besar hidupnya, bisa dikatakan bahwa tragedi Turing terletak pada kegagalannya merahasiakan satu aspek kehidupannya orientasi seksualnya. Sebagaimana diamati dengan jeli oleh Benjamin Bratton, Turing gagal lulus dalam "Uji Turing" (*Turing Test*) versinya sendiri. Ia gagal meyakinkan dunia bahwa dirinya heteroseksual di tengah masyarakat yang menganggap homoseksualitas sebagai tindak pidana.

Begitu orientasi seksualnya terungkap, Turing pun dituntut secara hukum. Pada tahun 1952, ia dinyatakan bersalah atas tindak "asusila berat" (*gross indecency*) dan dihadapkan pada pilihan: hukuman penjara atau kebiri kimia. Ia memilih opsi kedua. Pada tahun 1954, Turing kemungkinan besar mengakhiri hidupnya sendiri sebuah keputusan yang tak diragukan lagi dipicu, setidaknya sebagian, oleh penghinaan yang disaksikan publik secara luas ini. Ironisnya, meskipun Turing telah menyelamatkan jutaan nyawa selama masa perang, pada saat kematiannya, masyarakat umum sama sekali tidak mengetahui berbagai pencapaiannya karena hal-hal tersebut masih berstatus sebagai rahasia negara. Di Inggris, serial fiksi ilmiah populer *Doctor Who* mengisahkan seorang ilmuwan bergelar PhD yang menyelamatkan dunia dalam setiap episodenya. Berbeda dengan kebanyakan pahlawan super Amerika yang kerap terlibat perkelahian fisik dengan musuh-musuh mereka, *Doctor Who* tidak pernah berkelahi secara fisik; ia menaklukkan kejahatan semata-mata melalui penerapan sains dan teknologi. Mungkinkah Dr. Alan Turing menjadi inspirasi bagi sosok *Doctor Who* yang orisinal?

2.2 SEJARAH AWAL AI DAN KONFERENSI DARTMOUTH 1956

Perkembangan penting lainnya terjadi pada tahun 1943, ketika matematikawan Walter Pitts dan ahli saraf Warren McCulloch merancang komputer purwarupa yang menggunakan jaringan saraf tiruan yang terinspirasi oleh otak manusia. Melalui upaya ini, mereka menggabungkan logika biner dari komputer Turing dengan struktur benar/salah dalam logika proposisional milik filsuf Bertrand Russell, serta struktur aktif/nonaktif (*on/off*) pada sinapsis saraf yang diamati oleh ahli neurofisiologi sekaligus pakar sibernetika, Charles Sherrington. Sebagaimana dikemukakan oleh Boden, "Nilai benar/salah dalam logika dipetakan ke dalam aktivitas aktif/nonaktif sel-sel otak, serta nilai 0/1 dari status individual dalam mesin Turing."

Menjelang tahun 1950-an, muncul dua cabang studi yang saling tumpang tindih dalam pemodelan komputer: satu cabang berfokus pada perilaku adaptif, sementara cabang lainnya berfokus pada penalaran logis. Kelak, keduanya berkembang menjadi bidang yang terpisah, yakni sibernetika dan komputasi simbolik. Boden mencatat, "Mereka yang tertarik pada kehidupan tetap berada dalam ranah sibernetika, sedangkan mereka yang tertarik pada pikiran beralih ke komputasi simbolik." Jika harus memilih satu peristiwa kunci yang tidak hanya mempertegas pemisahan ini, tetapi juga mendefinisikan istilah "AI" (kecerdasan buatan), maka peristiwa tersebut adalah *Dartmouth Summer Workshop on Artificial Intelligence* yang diselenggarakan pada tahun 1956. Istilah ini secara efektif dicetuskan pada tahun 1955 saat acara tersebut diusulkan oleh John McCarthy, Marvin Minsky, Nathanial Rochester, dan Claude Shannon. Acara ini dihadiri oleh banyak tokoh yang kemudian menjadi figur terkemuka di bidang AI:

> Kami mengusulkan diadakannya studi selama 2 bulan yang melibatkan 10 orang mengenai kecerdasan buatan, yang akan dilaksanakan pada musim panas tahun 1956 di Dartmouth College, Hanover, New Hampshire. Studi ini didasarkan pada dugaan bahwa setiap aspek pembelajaran atau fitur kecerdasan lainnya, pada prinsipnya, dapat dideskripsikan secara tepat sehingga sebuah mesin dapat dibuat untuk menyimulasikannya. Upaya akan diarahkan untuk mencari cara agar mesin dapat menggunakan bahasa, membentuk abstraksi dan konsep, memecahkan berbagai jenis masalah yang saat ini hanya bisa diselesaikan oleh manusia, serta melakukan pengembangan diri. Kami berpendapat bahwa kemajuan yang signifikan dapat dicapai dalam satu atau beberapa masalah ini jika sekelompok ilmuwan yang dipilih secara cermat bekerja sama selama satu musim panas.

Peristiwa tersebut tidak hanya membantu mendefinisikan bidang ini, tetapi juga mengarah pada diadopsinya istilah ‘kecerdasan buatan’ (*artificial intelligence*), meskipun McCarthy sendiri tidak sepenuhnya nyaman dengan istilah tersebut. Setelah itu, muncul periode euforia dan studi intensif yang didanai dengan baik, yang didorong oleh spekulasi yang melambung tinggi. Bahkan pada tahun 1967, Minsky menyatakan bahwa dalam satu generasi, masalah kecerdasan buatan akan terpecahkan. Tiba-tiba, kecerdasan buatan (AI) menjadi pusat perhatian. Namun, seiring berjalannya waktu, menjadi jelas bahwa aspirasi-aspirasi tersebut

tidak realistis. Karena alasan ini dan faktor lainnya, pendanaan pun terhenti dan terjadilah 'musim dingin AI' (*AI winter*) yang pertama.

2.3 MUSIM DINGIN AI: KEMUNDURAN, KONTROVERSI, DAN PERKEMBANGAN AI

Musim dingin AI (*AI winters*) dapat didefinisikan sebagai periode ketika kepercayaan terhadap potensi kecerdasan buatan (AI) runtuh di kalangan pemodal ventura dan lembaga pendanaan pemerintah. Krisis kepercayaan ini pada awalnya dipicu oleh laporan dari komunitas akademis, namun pada dasarnya berakar pada ekspektasi yang terlalu tinggi mirip dengan fenomena booming dan kejatuhan perusahaan dot-com pada tahun 1990an serta menunjukkan betapa fluktuatifnya kepercayaan publik terhadap teknologi baru. Musim dingin AI yang pertama terjadi sekitar tahun 1974 dan sebagian besar dipicu oleh dua kemunduran.

Salah satu kemunduran tersebut adalah, meskipun pemerintah AS telah menginvestasikan dana dalam jumlah besar untuk mengembangkan penerjemahan instan sebagai bagian dari upaya Perang Dingin, hasilnya ternyata tidak sesuai dengan gembar-gembor yang ada. AI memang mampu menerjemahkan kata-kata, tetapi hanya jika urutannya tepat. Terdapat pula masalah lain yang berujung pada hasil yang jenaka; misalnya, frasa "*out of sight*, *out of mind*" (jauh di mata, jauh di ingatan) diterjemahkan menjadi "orang gila yang tidak terlihat", atau "*the spirit is willing but the flesh is weak*" (roh memang penurut, tetapi daging lemah) diterjemahkan menjadi "vodka-nya enak, tetapi dagingnya busuk".

Akibatnya, sumber pendanaan militer utama di Amerika Serikat, yaitu *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), menarik pendanaannya dari sebuah proyek studi pembelajaran mesin (*machine learning*) berskala besar. Sementara itu, pada tahun 1973, Profesor James Lighthill menerbitkan laporan kontroversial di Inggris yang menyatakan bahwa AI gagal memenuhi aspirasi-aspirasinya yang tergolong muluk. Dampak keseluruhannya adalah hilangnya kepercayaan secara tiba-tiba terhadap AI, yang menyebabkan pengurangan drastis dalam pendanaan untuk studi AI sebuah fenomena yang kemudian merembet ke seluruh wilayah Eropa lainnya.

Hambatan lainnya adalah memudarnya kepercayaan terhadap AI koneksionis dan potensi jaringan saraf tiruan sebuah bidang yang berakar dari karya awal McCulloch dan Pitts. Hal ini sebagian dipicu oleh terbitnya buku *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry* yang ditulis oleh Marvin Minsky dan Seymour Papert, dua tokoh pendukung AI simbolik. Buku tersebut menguraikan keterbatasan pendekatan koneksionis yang mengandalkan perceptron sebuah algoritma untuk pembelajaran terawasi (*supervised learning*) yang diciptakan oleh Frank Rosenblatt pada tahun 1958. Rosenblatt sempat memprediksi bahwa *perceptron* kelak mampu mengambil keputusan, bahkan menerjemahkan bahasa. Faktanya, *perceptron* memang menunjukkan potensi; sebagaimana terbukti kemudian saat *deep learning* dikembangkan, AI koneksionis ternyata sangat mampu melakukan pengambilan keputusan maupun penerjemahan bahasa.

Penerbitan buku *Perceptrons* menandai salah satu episode paling kontroversial dalam sejarah AI. Umumnya, persaingan antarberbagai "kubu" dalam komunitas AI hanyalah persaingan akademis yang wajar. Namun, sebagian pihak menganggap buku ini melampaui

batas kewajaran tersebut dengan melontarkan kritik yang sangat tajam terhadap koneksionisme. Minsky dan Papert sendiri mencoba meredam kritik mereka dengan menyatakan bahwa pandangan mereka telah disalahpahami: "Kami tidak menganggap karya kami sebagai upaya membunuh 'Putri Salju'; kami justru melihatnya sebagai cara untuk memahaminya." Dua tahun berselang, Rosenblatt meninggal secara tragis dalam sebuah kecelakaan perahu. Kematian tokoh paling terkemuka di bidang ini memberikan dampak yang sangat merugikan bagi citra koneksionisme. Tanpa sosok juru bicara utamanya, koneksionisme pun perlahan menghilang dari peredaran.

Akibatnya, koneksionisme mulai kehilangan dukungan, sementara pendekatan pesaingnya, yaitu AI simbolik, justru tampil mendominasi. Geoffrey Hinton bahkan menyatakan bahwa pada tahun-tahun berikutnya, ia dan rekan-rekannya yang mendalami koneksionisme terpaksa menggunakan taktik kamuflase menghapus segala penyebutan mengenai "jaringan saraf" (*neural networks*) agar makalah akademis mereka dapat diterima. "Musim dingin AI" (AI *winter*) yang kedua terjadi pada akhir tahun 1980-an, seiring dengan runtuhnya pasar untuk mesin LISP perangkat yang berbasis pada bahasa pemrograman LISP dan beralihnya pasar ke stasiun kerja (*workstation*) yang dikembangkan oleh *Sun Microsystems* serta komputer meja (desktop) buatan IBM dan Apple. Faktor lainnya adalah perubahan kebijakan di DARPA, yang memutuskan untuk mengaitkan pendanaan dengan proyek-proyek spesifik, dengan fokus pada kemungkinan keberhasilan proyek tersebut.

Terlepas dari krisis yang tampak selama periode yang disebut sebagai ‘musim dingin AI’ (*AI winters*), studi di bidang AI sebenarnya terus menunjukkan kemajuan yang stabil. Bisa dikatakan bahwa kehebohan awal mengenai potensi keberhasilan AI diimbangi oleh kehebohan serupa mengenai kegagalan-kegagalannya. Sebagaimana dicatat oleh Ray Kurzweil, ‘Banyak pengamat masih beranggapan bahwa “musim dingin AI” merupakan akhir dari segalanya dan tidak ada lagi perkembangan berarti di bidang AI sejak saat itu. Padahal, saat ini ribuan aplikasi AI telah tertanam kuat dalam infrastruktur berbagai industri.’ Rodney Brooks memiliki pandangan serupa:

Ada mitos konyol yang beredar bahwa AI telah gagal, padahal AI ada di sekitar Anda setiap detik sepanjang hari. Orang-orang hanya tidak menyadarinya. Sistem AI hadir di dalam mobil, mengatur parameter sistem injeksi bahan bakar. Saat pesawat yang Anda tumpangi mendarat, gerbang kedatangan ditentukan oleh sistem penjadwalan berbasis AI. Setiap kali Anda menggunakan perangkat lunak Microsoft, terdapat sistem AI yang berupaya memahami apa yang sedang Anda lakukan misalnya saat Anda menulis surat dan sistem tersebut bekerja dengan sangat baik. Setiap kali Anda menonton film yang menampilkan karakter hasil rekayasa komputer, karakter-karakter tersebut sebenarnya adalah entitas AI yang berperilaku sebagai satu kelompok. Setiap kali Anda bermain gim video, Anda sebenarnya sedang berhadapan dengan sistem AI.

2.4 REVOLUSI DEEP LEARNING DAN KEBANGKITAN AI

Pada tahun 2006, para tokoh yang pernah berpartisipasi dalam lokakarya awal di Dartmouth College berkumpul kembali untuk memperingati lima puluh tahun peristiwa

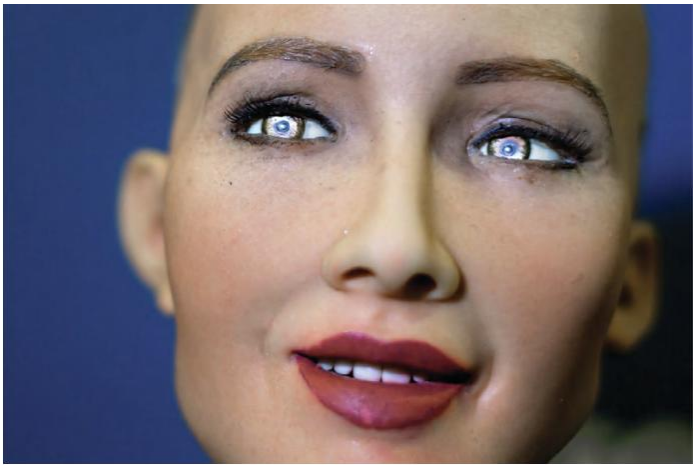
tersebut. Ironisnya, tidak banyak hasil nyata yang bisa mereka tunjukkan dari upaya mereka selama ini. AI sempat dianggap sebagai sebuah kegagalan. Terlepas dari aspirasi muluk mengenai apa yang mungkin bisa dicapainya, AI hanya menghasilkan pencapaian yang sangat minim selama lima puluh tahun pertamanya sebuah fakta yang diakui secara terbuka oleh para tokoh yang masih hidup saat itu. Mereka semua pun sepakat bahwa AI kemungkinan besar tidak akan mencapai banyak hal dalam lima puluh tahun berikutnya.

Namun, secara kebetulan, tahun 2006 menjadi titik balik di mana AI mulai menunjukkan hasil nyata, dan 'revolusi pembelajaran mendalam' (*deep learning*) pun dimulai. Hal ini terutama disebabkan oleh fakta bahwa jaringan saraf tiruan yang telah diteliti oleh Pitts dan McCulloch sejak tahun 1943 ternyata sangat efektif. Keberhasilan ini sebagian besar berkat penemuan bahwa GPU, yakni cip komputer yang awalnya dikembangkan untuk industri gim, dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja komputer secara drastis. Sejak saat itu, pembelajaran mendalam telah menjadi pendekatan yang dominan, hingga kini istilah tersebut hampir dianggap sinonim dengan AI. Beberapa faktor telah berkontribusi terhadap hal ini:

1. Komputer telah menjadi jauh lebih canggih dan lebih cepat.
2. Kemajuan besar dalam algoritma telah mendorong terobosan dalam pembelajaran mendalam (*deep learning*).
3. Layanan komputasi awan (*cloud services*) telah memungkinkan akses terhadap daya komputasi yang sangat besar.
4. Terdapat aliran investasi modal yang signifikan, baik dari sektor publik maupun swasta.
5. Terjadi peningkatan eksponensial dalam jumlah data yang dihasilkan.

2.5 VISIBILITAS DAN KAMUFLASE DALAM AI

Sejarah AI dapat dipahami sebagai sejarah tentang visibilitas dan invisibilitas (keterlihatan dan ketidakterlihatan). Kebanyakan orang tidak terlalu menyadari keberadaan AI dan hanya memiliki sedikit pemahaman tentang apa yang dilakukannya. Sering kali, bahkan mereka yang memahami fungsi AI pun tidak benar-benar mengerti bagaimana cara kerjanya seperti dalam kasus pembelajaran mendalam (*deep learning*). Sebagaimana AI itu sendiri tidak terlihat, studi mengenai AI pun sebagian besar luput dari perhatian masyarakat umum. Dalam beberapa kasus, hal ini disebabkan oleh alasan bisnis yang kuat untuk tidak mengungkapkan informasi mengenai studi yang masih berlangsung. Namun, dalam banyak kasus, 'ketidakterlihatan' studi AI semata-mata karena topik tersebut dianggap kurang menarik atau sulit dipahami oleh masyarakat umum, sehingga tidak diliput oleh media. Kita juga tidak boleh lupa bahwa AI bekerja secara tidak terlihat 'di balik layar', menyuguhkan iklan produk yang, berdasarkan riwayat pencarian kita sebelumnya, mungkin akan menarik bagi kita. Ini adalah bentuk periklanan terselubung. AI beroperasi dengan logika kamuflase; ia mungkin ada di sana, tetapi kita tidak dapat melihatnya.



Gambar 2.2 Sophia, robot humanoid yang diproduksi oleh Hanson Robotics, difoto di sini dalam acara KTT Global *'AI for Good'* di Jenewa pada 7 Juni 2017. Foto: Fabrice Coffrini, Getty.

Namun, hal yang mungkin lebih meresahkan adalah kecenderungan sebaliknya, yakni penggunaan AI untuk tujuan pencitraan (*branding*), padahal AI tersebut sebenarnya tidak digunakan sama sekali atau hanya digunakan dalam skala yang sangat terbatas. Sebagai contoh, Hanson Robotics telah memasarkan robot humanoid bernama Sophia dengan tingkat keberhasilan tertentu. Sophia tidak hanya tampak seperti manusia mirip dengan replicant dalam film *Blade Runner*, yang juga merupakan bentuk kehidupan buatan tetapi ia juga ditampilkan seolah-olah 'ia' mampu berpikir layaknya manusia. Pada Oktober 2017, Sophia menjadi robot pertama yang diberi kewarganegaraan oleh Arab Saudi.

Kemudian pada November 2017, 'ia' menjadi robot pertama yang dinobatkan sebagai 'Juara Inovasi' (*Innovation Champion*) oleh Program Pembangunan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNDP). Sophia dipasarkan seolah-olah merupakan makhluk yang sadar dan memiliki perasaan. Namun kenyataannya, Sophia sama sekali tidak memiliki kesadaran, dan hal ini telah dikritik keras oleh komunitas kecerdasan buatan (AI). Bagi Rodney Brooks, Sophia adalah sesuatu yang 'benar-benar palsu dan sebuah tipuan belaka', sementara menurut Benedict Evans, Sophia tidak lebih dari sekadar 'alat perekam yang diberi kepala berbahan karet'. Hampir tidak ada orang yang akan tertipu hingga memercayai bahwa Sophia adalah seorang manusia.

Akan tetapi, bukan itu masalah utamanya. Jika Uji Turing (*Turing Test*) dirancang untuk menguji apakah sebuah komputer mampu menyamar sebagai manusia yang memiliki kesadaran, maka Sophia hanyalah sebuah automaton yang menyamar sebagai 'AI kuat' (*strong AI*) yakni robot yang memiliki kesadaran. Tujuan dari penyamaran ini adalah untuk memukau masyarakat umum sekaligus mempromosikan Hanson Robotics. Kita bisa mengajukan pertanyaan serupa kepada Ai-Da, yang disebut-sebut sebagai 'seniman robot ultra-realistis pertama di dunia'. Jelas kita tidak membutuhkan robot berbentuk manusia untuk menghasilkan sebuah 'karya seni'. Bahkan, kemungkinan besar tidak ada satu pun karya yang dihasilkan Ai-Da yang mampu menandingi kualitas keluaran dari model difusi (*diffusion*

models). Oleh karena itu, kita patut bertanya: apakah Ai-Da benar-benar seorang seniman, atau justru seorang penipu?

Inilah pertanyaan kuncinya. Mari kita cermati proses bagaimana Ai-Da 'menghasilkan' lukisan. Jika ditelusuri lebih dalam, fakta yang muncul justru sangat berbeda. Ternyata, Ai-Da tidak sendirian dalam menciptakan 'karya seni' tersebut; ia memiliki rekan manusia. Sebagaimana diamati oleh Imogen West-Knights, 'Proses penciptaan karya-karya ini cukup rumit. Ai-Da tidak benar-benar "melukisnya". Ia membuat sketsa persiapan yang kemudian dikembangkan lebih lanjut dengan memasukkannya kembali ke dalam algoritmanya sendiri. Setelah itu, seorang teknisi seni manusia bernama Suzie Emery yang namanya harus dicari dengan susah payah melakukan proses pelukisannya. Ai-Da kemudian menambahkan beberapa goresan pada permukaan cat untuk merampungkan karya tersebut. Proses yang begitu rumit ini terjadi karena kenyataannya, hingga saat ini, robot AI tidak mampu menghasilkan karya seni yang benar-benar menarik tanpa keterlibatan manusia yang signifikan.' Tertangkap basah! Rupanya, kedok Ai-Da telah terbongkar. Namun, hal ini tidak menghalanginya untuk meraih kesuksesan yang cukup besar, termasuk undangan untuk menggelar pameran tunggal di Venice Art Biennale 2022.

Begitu pula dengan firma arsitektur AI SpaceFactory terlepas dari namanya yang pada saat diluncurkan sebenarnya tidak menggunakan AI sama sekali dalam proses desain maupun fabrikasinya, meskipun mereka memiliki rencana untuk menerapkannya di masa depan. Meskipun AI sangat efektif dalam mendeteksi spam dan bentuk pemasaran lainnya, teknologi ini juga bisa dimanfaatkan sebagai alat pemasaran itu sendiri. Tidakkah kita patut curiga terhadap perusahaan mana pun yang menyertakan kata 'AI' dalam namanya? Singkatnya, jangan pernah meremehkan kemampuan AI dalam memikat masyarakat umum, bahkan ketika teknologi tersebut sebenarnya tidak ada. Sebagaimana dikemukakan oleh Maria Dantz dari Spacemaker AI, "AI jelas merupakan sesuatu yang membuka pintu, karena orang-orang ingin mendengarnya."

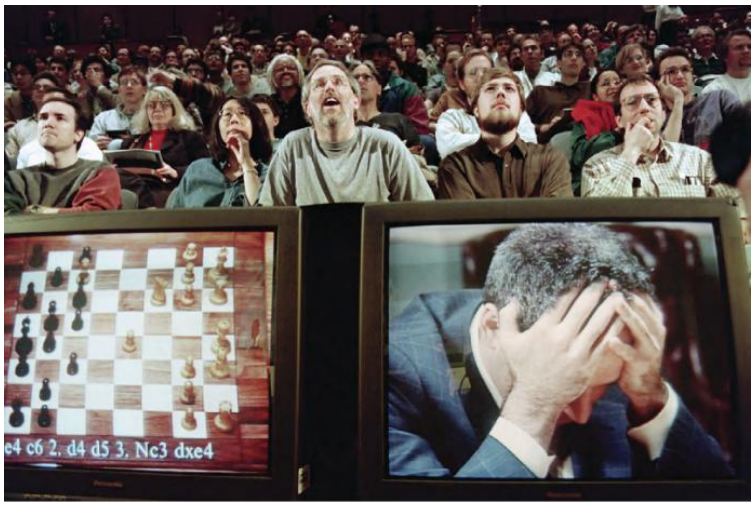
Inilah logika "kamuflase terbalik". Jika logika kamuflase adalah berpura-pura bahwa sesuatu tidak ada padahal sebenarnya ada membuat yang terlihat menjadi tidak terlihat maka logika kamuflase terbalik adalah berpura-pura bahwa sesuatu ada padahal sebenarnya tidak ada. Ini adalah perbandingan antara membuat yang terlihat menjadi tidak terlihat, dengan membuat yang tidak terlihat menjadi terlihat. Namun, bukankah kamuflase terbalik bisa menjadi strategi pemasaran yang cerdik "memasarkan sesuatu yang tidak terlihat"? Saat ini, AI dalam berbagai bentuk telah digunakan oleh hampir semua orang. Akan tetapi, siapa yang tahu apakah AI canggih benar-benar digunakan atau tidak? Mungkinkah perusahaan-perusahaan ini berhasil melewati "Uji Turing terbalik" versi mereka sendiri dengan meyakinkan masyarakat umum bahwa mereka menggunakan AI canggih, padahal kenyataannya tidak? Di era AI, bukankah AI pada dasarnya merupakan peluang pemasaran yang paling utama?
Waspadalah terhadap AI dalam pemasaran!

Namun, sejarah AI juga didominasi oleh kecenderungan sebaliknya keinginan untuk mengungkapkan apa yang sebenarnya ada, melalui serangkaian acara yang memamerkan kemampuan AI yang sering kali tersembunyi. Karena AI selama ini kurang mendapat sorotan,

diperlukan sebuah acara besar untuk menarik perhatian kita. Hal ini bisa berupa komentar yang menjadi tajuk berita dari tokoh ternama, seperti Stephen Hawking atau Elon Musk, atau bisa juga berupa kompetisi yang ditayangkan di televisi. Momen-momen dengan visibilitas tinggi inilah yang benar-benar memikat imajinasi publik. Acara-acara besar tersebut mungkin menghibur, tetapi tujuan utamanya adalah untuk memamerkan AI dan meningkatkan kesadaran akan potensi komersialnya, guna menarik minat calon penyandang dana. Dengan cara ini, logika AI yang semula tidak terlihat menjadi terlihat. Ini hanyalah soal pemasaran yang baik. Visibilitas adalah segalanya.

2.6 DEEP BLUE: KEMENANGAN AI ATAS JUARA DUNIA CATUR

Tantangan untuk mengalahkan manusia dalam permainan catur telah lama dipandang sebagai tujuan utama bagi kecerdasan buatan (AI). Pada tahun 1830-an, Babbage sempat memikirkan kemungkinan untuk membangun mesin yang bisa bermain catur; begitu pula dengan Turing pada tahun 1946. Selama bertahun-tahun, muncul banyak prediksi mengenai kapan sebuah komputer akan mampu mengalahkan juara dunia catur. Pada tahun 1990, Kurzweil memprediksi bahwa komputer akan mengalahkan juara dunia catur paling lambat pada tahun 2000. Pada tahun 1997, superkomputer IBM, Deep Blue, menantang juara dunia catur saat itu, Garry Kasparov, dalam sebuah pertandingan catur bergengsi yang diliput oleh berbagai media arus utama. Pertandingan tersebut terdiri dari enam babak. *Deep Blue* memenangkan dua babak, Kasparov memenangkan satu babak, dan tiga babak lainnya berakhir imbang. Tiga tahun lebih awal dari prediksi Kurzweil, sebuah komputer berhasil mengalahkan juara dunia catur.



Gambar 2.3 Juara catur dunia Garry Kasparov memegangi kepalanya dengan kedua tangannya pada awal pertandingan keenam sekaligus pertandingan terakhir melawan komputer Deep Blue buatan IBM di New York pada 11 Mei 1997. Kasparov kalah dalam pertandingan tersebut hanya dalam sembilan belas langkah. Foto disediakan oleh Getty Images.

Namun, terlepas dari namanya, *Deep Blue* sebenarnya bukanlah contoh dari *deep learning* (pembelajaran mendalam). *Deep Blue* merupakan contoh klasik dari *machine learning* (pembelajaran mesin). Meskipun dibekali dengan sejumlah fitur yang dirancang secara manual berdasarkan aturan dan heuristik spesifik yang disarikan dari permainan para pakar catur ternama mesin ini benar-benar "belajar" bermain catur dengan memainkan ribuan pertandingan, serta mampu menentukan banyak parameter yang tidak diprogram sejak awal. Sebagaimana dicatat oleh Toby Walsh, "Sebagai contoh, mesin ini tidak diprogram mengenai bagaimana cara memberikan bobot pada posisi raja yang aman dibandingkan dengan keunggulan ruang di bagian tengah papan. Nilai optimal untuk parameter-parameter tersebut ditentukan melalui machine learning berdasarkan ribuan pertandingan yang dimainkan oleh para pecatur ahli." 'Apa pun yang bisa Anda lakukan, AI bisa melakukannya dengan lebih baik.'

2.7 ALPHAGO: TEROBOSAN DEEP LEARNING DAN KREATIVITAS AI

Tantangan besar berikutnya melibatkan permainan Go sebuah permainan yang aturannya cukup sederhana, namun memiliki kompleksitas yang tak terbatas karena jumlah kemungkinan posisi papan yang sah jauh lebih besar daripada jumlah atom di alam semesta. Akibatnya, permainan ini sejak lama dianggap sebagai salah satu tantangan terbesar bagi AI. Alasannya, 'sistem pakar' (*expert systems*) sederhana seperti yang digunakan dalam pertandingan catur melawan Garry Kasparov terbukti tidak akan mampu menanganinya. Bahkan jika seluruh komputer di dunia dikerahkan, kapasitasnya tetap tidak akan mencukupi untuk tugas tersebut. Oleh karena itu, diperlukan strategi alternatif, yakni 'sistem pembelajaran' (*learning systems*) dalam bentuk pembelajaran mendalam (*deep learning*).

AlphaGo adalah program komputer berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang dikembangkan oleh *DeepMind Technologies*, sebuah perusahaan milik Google. Program ini menggunakan pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*) dan algoritma pencarian Monte Carlo untuk 'mengajari' dirinya sendiri cara bermain Go dengan melakukan sejumlah besar pertandingan melawan dirinya sendiri. Keunggulan utamanya adalah AlphaGo mempelajari permainan tersebut dari awal, tanpa terikat oleh pemikiran konvensional. Sebagaimana dikemukakan oleh Demis Hassabis, CEO DeepMind, '*Deep Blue* adalah program yang dirancang secara manual, di mana para pemrogram menuangkan pengetahuan dari para grandmaster catur ke dalam aturan dan heuristik tertentu; sebaliknya, kami membekali AlphaGo dengan kemampuan untuk belajar, yang kemudian ia kembangkan melalui latihan dan studi sebuah proses yang jauh lebih menyerupai cara manusia belajar.'

Namun, pernyataan ini mungkin agak kurang tepat. AlphaGo tidak bisa belajar hanya dengan pembelajaran mendalam saja. Harus diakui bahwa AlphaGo juga memiliki beberapa fitur yang dirancang secara manual, dan seperti halnya *Deep Blue* program ini dilatih menggunakan basis data pertandingan yang pernah dimainkan oleh manusia. Dengan demikian, kedua program tersebut mungkin tidak terlalu berbeda seperti yang sering dibayangkan. Seperti komentar Russell: AlphaGo, beserta penerusnya AlphaZero, menarik banyak perhatian media terhadap pembelajaran mendalam berkat kemajuan luar biasa dalam permainan Go dan catur. Akan tetapi, keduanya sebenarnya merupakan perpaduan antara

kecerdasan buatan (AI) berbasis pencarian klasik dengan algoritma pembelajaran mendalam yang berfungsi mengevaluasi setiap posisi permainan yang ditelusuri oleh sistem AI klasik tersebut. Meskipun kemampuan untuk membedakan antara posisi yang baik dan buruk merupakan inti dari AlphaGo, program ini tidak akan mampu mencapai tingkat permainan juara dunia hanya dengan pembelajaran mendalam saja.

Pertandingan besar antara AlphaGo dan pemain Go profesional asal Korea dengan peringkat 9-Dan, Lee Sedol yang digelar di Seoul, Korea Selatan, pada Maret 2016 menjadi momen yang benar-benar melambungkan nama AlphaGo. Pertandingan tersebut terdiri dari lima babak, di mana sebagian besar pakar Go termasuk Lee sendiri memprediksi bahwa sang pemain manusia akan menang dengan mudah. Namun, di luar dugaan banyak pihak, AlphaGo memenangkan babak pertama dan akhirnya memenangkan keseluruhan pertandingan dengan skor 4-1.



Gambar 2.4 Lee Sedol sedang bertanding dalam laga keempat DeepMind Challenge Match melawan program kecerdasan buatan DeepMind, AlphaGo, pada 13 Maret 2016 di Seoul, Korea Selatan. Foto disediakan oleh Getty.

Babak kedua terbukti menjadi titik balik. Setelah pertandingan pertama, Lee merasa terkejut, namun setelah pertandingan kedua, ia sampai kehabisan kata-kata: "Kemarin, saya terkejut. Tapi hari ini, saya tidak bisa berkata apa-apa. Jika melihat jalannya permainan, saya akui, ini adalah kekalahan telak bagi saya. Sejak awal permainan, tidak ada satu momen pun di mana saya merasa sedang memimpin." Namun, hal yang paling banyak diperbincangkan dari keseluruhan pertandingan ini adalah sebuah langkah luar biasa yang dimainkan oleh AlphaGo:

> Pada pertandingan kedua, Lee menampilkan gaya yang berbeda, dengan mencoba bermain lebih hati-hati. Ia menunggu celah yang bisa dimanfaatkan, tetapi AlphaGo terus memberikan kejutan. Pada langkah ke-37, AlphaGo melakukan langkah yang tidak terduga apa yang disebut sebagai "benturan bahu" (*shoulder hit*) di sisi kanan atas papan permainan. Langkah di posisi seperti ini belum pernah terlihat dalam pertandingan profesional, tetapi kecerdasannya langsung tampak jelas. Pemain Go, Fan Hui, kemudian

> berkomentar, "Saya belum pernah melihat manusia memainkan langkah ini. Sangat indah."
> Indah, indah, indah kata itulah yang terus diucapkan oleh Hui. Langkah ini menantang hakikat kreativitas itu sendiri. Terlebih lagi, langkah ini juga telah mengubah pemahaman kita tentang permainan Go secara mendasar, dengan memperkenalkan sejumlah langkah yang sebelumnya tidak diketahui. Lalu bagaimana dengan Lee? Ia bangkit dan melangkah keluar ruangan. Sesaat situasinya tidak jelas, namun tak lama kemudian ia kembali ke ruang permainan dengan sikap yang sudah tenang, duduk, lalu melancarkan langkah balasannya. Pertandingan pun berlanjut dengan persaingan yang jauh lebih ketat dibandingkan gim pertama, tetapi hasilnya tetap sama. Lee Sedol menyatakan menyerah setelah 211 langkah.

Langkah inilah yang membuat Lee menyadari bahwa AlphaGo ternyata benar-benar bisa kreatif. Fan Hui, juara Go Eropa, berkomentar, "Saat AlphaGo memilih langkah itu, saya mengira ia telah melakukan kesalahan. Saya langsung memperhatikan reaksi Lee. Awalnya, ia tampak tersenyum seolah ia pun mengira AlphaGo telah keliru tetapi seiring berjalannya waktu, terlihat jelas bahwa ia mulai menyadari betapa briliannya langkah tersebut. Bahkan, setelah pertandingan usai, ia mengatakan bahwa saat melihat langkah itu, ia akhirnya sadar bahwa AlphaGo memiliki kreativitas."
Hassabis menambahkan:

> Siapa pun bisa melakukan langkah orisinal di papan Go hanya dengan bermain secara acak. Namun, sebuah langkah baru bisa dianggap benar-benar kreatif jika langkah tersebut juga efektif. Dalam konteks ini, peran krusial langkah ke-37 pada gim kedua merupakan bukti kecerdikan komputasi yang luar biasa; langkah ini tidak hanya mengubah permainan Go selamanya, tetapi juga menjadi simbol potensi kreativitas yang sangat besar dari kecerdasan buatan (AI).

AlphaGo menerapkan strategi jangka panjang. Ia melakukan sejumlah langkah yang awalnya dianggap sebagai "langkah lemah" oleh para ahli karena tampak tidak masuk akal. Akan tetapi, dalam jangka panjang, terungkap bahwa "langkah-langkah lemah" tersebut sebenarnya telah dipikirkan dengan matang dan berfungsi menyiapkan landasan bagi serangkaian langkah berikutnya yang secara strategis sangat mematikan. Saking briliannya cara bermain AlphaGo, Lee bahkan mulai mempertanyakan kreativitas langkah-langkah yang selama ini dianggap kreatif oleh manusia: "AlphaGo menunjukkan kepada kita bahwa langkah-langkah yang mungkin dianggap kreatif oleh manusia, sebenarnya hanyalah langkah konvensional." Melalui satu komentar tersebut, Lee memaksa kita untuk meninjau kembali kreativitas manusia. Apakah manusia benar-benar sekreatif yang kita bayangkan selama ini?

Sebagaimana yang dapat diduga, *DeepMind* kemudian mengembangkan serangkaian iterasi yang semakin meningkatkan performa komputer mereka dalam permainan Go. Setelah itu, muncul model-model lain, yakni AlphaGo Master dan AlphaGo Zero, yang masing-masing menghadirkan penyempurnaan dibandingkan model terbaik sebelumnya. AlphaGo Master berhasil memenangkan enam puluh pertandingan berturut-turut melawan para pemain Go

profesional dalam kurun waktu satu minggu. Tak mau kalah, AlphaGo Zero mencapai tingkat kemampuan AlphaGo Master hanya dalam waktu dua puluh satu hari, bahkan mampu mengalahkan versi terbaik AlphaGo sebelumnya dengan skor 100-0 dalam permainan Go. Hal yang menakjubkan dari AlphaGo Zero adalah kemampuannya untuk belajar bermain Go secara mandiri tanpa dibekali pengetahuan awal apa pun sebuah fenomena yang menjadi cikal bakal kemampuan yang muncul (*emergent abilities*) pada model bahasa besar (LLM). Yang tak kalah mencengangkan adalah kecepatan proses belajarnya yang melampaui nalar manusia; AlphaGo Zero melatih dirinya sendiri hanya dalam tiga hari dengan memainkan 4,9 juta pertandingan Go melawan dirinya sendiri. Itu berarti ia memainkan hampir dua puluh pertandingan Go setiap detiknya. Sungguh luar biasa.

Selanjutnya, DeepMind mengembangkan model serba guna bernama AlphaZero, yang mampu memainkan permainan lain seperti catur dan Shogi. Pada Desember 2017, AlphaZero mengalahkan versi AlphaGo Zero (yang telah berlatih selama tiga hari) dalam permainan Go dengan skor enam puluh banding empat puluh. AlphaZero juga berhasil mengalahkan program Shogi papan atas dalam permainan Shogi, serta Stockfish program catur papan atas dalam permainan catur. Baru-baru ini, AlphaStar bahkan mencapai status grandmaster dalam StarCraft II, sebuah permainan video yang dianggap jauh lebih kompleks daripada Go karena sebagian unit lawan tidak terlihat oleh pemain. AlphaStar menggunakan metode pembelajaran penguatan multi-agen (*multi-agent reinforcement learning*).

Lantas, bagaimana nasib Lee sendiri? Ia pensiun dari dunia Go profesional pada November 2019 dengan alasan bahwa ia tidak akan pernah bisa mengalahkan kecerdasan buatan (AI) di masa depan: "Ini adalah entitas yang tidak mungkin dikalahkan." Setelah mengakui kekalahan dalam pertandingan tersebut, Lee akhirnya memutuskan untuk sekaligus mengakhiri kariernya. Apakah ini merupakan pertanda masa depan bagi profesi arsitektur?

2.8 DAMPAK KEMENANGAN ALPHAGO TERHADAP PERKEMBANGAN AI GLOBAL

Sebuah pertandingan Go yang berlangsung di Korea Selatan melibatkan pemain profesional yang hampir tidak dikenal di Barat, dalam permainan yang juga hampir tidak dikenal di Barat seharusnya tidak akan memicu kehebohan besar, kecuali mungkin di kalangan komunitas AI. Namun, bisa dibilang bahwa pertandingan ini menjadi salah satu peristiwa paling signifikan dalam sejarah AI. Di Tiongkok, kemenangan AlphaGo atas Lee menjadi peristiwa yang memicu minat luar biasa terhadap kecerdasan buatan (AI). Bagaimanapun, permainan Go diciptakan di Tiongkok lebih dari 3.000 tahun yang lalu dan tetap sangat populer di sana. Masyarakat Tiongkok benar-benar terpaku menyaksikan pertandingan tersebut. Diperkirakan terdapat 280 juta penonton televisi di seluruh dunia yang menyaksikan ajang ini, dengan sebagian besar di antaranya berasal dari Tiongkok. Kemenangan AlphaGo atas Lee pun memberikan guncangan hebat ke seluruh penjuru negeri.

Dampak pertandingan tersebut terhadap Tiongkok tidak boleh dipandang sebelah mata. Peristiwa itu menjadi peringatan keras yang menyadarkan mereka. Sebagaimana dicatat oleh Lee, ‘Dalam semalam, Tiongkok terjerumus ke dalam demam kecerdasan buatan (AI).’ Dalam peristiwa yang disebut oleh Kai-Fu Lee sebagai ‘Momen Sputnik’ bagi Tiongkok,

pemerintah Tiongkok menyadari setelah pertandingan tersebut bahwa mereka tertinggal di belakang Barat dalam sebuah teknologi yang memiliki potensi sangat besar. 'Momen Sputnik' yang asli, tentu saja, merujuk pada saat Amerika Serikat tersentak untuk bertindak dalam Perlombaan Antariksa, setelah merasa sangat malu akibat keberhasilan Uni Soviet meluncurkan satelit ke luar angkasa.

Pemerintah Tiongkok segera memutuskan untuk memulai program investasi yang ambisius dan cepat di bidang AI. Pada 18 Oktober 2017 satu setengah tahun setelah pertandingan tersebut Presiden Tiongkok Xi Jinping mengumumkan rencana baru bagi Tiongkok untuk berinvestasi dalam AI, dengan tujuan melampaui Amerika Serikat dalam pengembangan AI pada tahun 2030. Kai-Fu Lee dengan jeli mengamati, 'Jika AlphaGo adalah Momen Sputnik bagi Tiongkok, maka rencana AI pemerintah tersebut ibarat pidato penting Presiden John F. Kennedy yang menyerukan agar Amerika mendaratkan manusia di bulan.' Bahkan, beberapa pihak berpendapat bahwa Tiongkok telah melampaui Amerika Serikat jika dilihat dari jumlah artikel yang diterbitkan mengenai AI, dan diperkirakan akan menempati posisi teratas untuk makalah yang paling banyak dikutip pada tahun 2025.

Jika Momen Sputnik yang asli di Amerika Serikat memicu Perlombaan Antariksa yang merupakan manifestasi dari Perang Dingin bukankah Momen Sputnik kedua di Tiongkok akan memicu perlombaan AI, yang juga merupakan bentuk baru dari Perang Dingin? 'Tidak,' ujar Lee, 'ini bukan Perang Dingin yang baru.' Meskipun AI dapat digunakan untuk tujuan militer, nilai sejatinya terletak pada terbukanya akses terhadap teknologi baru yang pastinya akan bermanfaat bagi seluruh umat manusia. Alih-alih Perang Dingin, perbandingan yang lebih tepat adalah dengan Revolusi Industri atau penemuan listrik. Namun, seperti yang diamati dengan sangat tepat oleh Lee, peristiwa ini jelas merupakan sebuah 'permainan' sekaligus 'faktor pengubah permainan' (*game changer*), setidaknya bagi Tiongkok.

Pertandingan tersebut juga memberikan dampak signifikan terhadap pendanaan kecerdasan buatan (AI) di Korea Selatan. Pada tanggal 17 Maret hanya dua hari setelah pertandingan pemerintah Korea Selatan menjanjikan dana sebesar Rp 10 kuadriliun (Rp 8,63 triliun) untuk studi AI selama lima tahun ke depan. Presiden Korea Selatan, Park Geun-hye, mengungkapkan rasa terima kasihnya atas pertandingan tersebut: "Terutama, masyarakat Korea justru beruntung; berkat 'kejutan AlphaGo', kita jadi menyadari pentingnya AI sebelum terlambat."

2.9 CHATGPT DAN TRANSFORMASI PERSAINGAN AI GLOBAL

Bagi dunia secara keseluruhan, "momen Sputnik" yang jauh lebih signifikan terjadi dengan diluncurkannya ChatGPT pada 30 November 2022. ChatGPT langsung menggemparkan dunia dan menjadi sensasi viral, saat seluruh dunia mulai menyadari potensi luar biasa dari AI. Pada Januari 2023, ChatGPT telah menjadi aplikasi dengan pertumbuhan tercepat sepanjang masa. Selebihnya, seperti yang kita ketahui, telah menjadi sejarah. ChatGPT dianggap sebagai pemicu ledakan AI. Peluncuran ChatGPT bahkan secara eksplisit disebut sebagai "momen Sputnik". Sebagai contoh, di Bletchley Park tempat yang bisa dibilang sebagai titik awal dari

segalanya Michelle Donelan, Menteri Sains, Inovasi, dan Teknologi Inggris, menggambarkan peluncuran tersebut sebagai "momen Sputnik dalam sejarah umat manusia."

Namun, "momen Sputnik" ala ChatGPT ini memiliki perbedaan. Dampaknya jauh lebih luas dan mendalam dibandingkan dengan "momen Sputnik" AlphaGo. ChatGPT tidak hanya memberikan dampak signifikan secara internasional yang kemungkinan besar menjadi kemunduran besar bagi Tiongkok dalam persaingannya dengan Amerika Serikat tetapi juga memicu persaingan internal yang sengit, baik di Tiongkok maupun di Amerika Serikat. Di Tiongkok, hal ini memicu apa yang disebut sebagai "perang seratus model", di mana Tencent bersaing dengan Baidu, Alibaba, dan Huawei untuk mengembangkan model bahasa besar (LLM) pertama dari Tiongkok.

Demikian pula di Amerika Serikat, peristiwa ini semakin mengobarkan persaingan yang sudah ada di antara sejumlah perusahaan teknologi terkemuka. Hal ini memaksa Mark Zuckerberg yang sebelumnya telah mengarahkan ulang Meta ke arah Metaverse dengan fokus pada realitas virtual (VR) dan realitas tertambah (AR) untuk menata ulang perusahaannya demi menyongsong masa depan yang berbasis pada kecerdasan buatan (AI). Langkah ini juga mendorong Elon Musk yang sebelumnya telah meninggalkan OpenAI untuk mendirikan perusahaannya sendiri di bidang AI, yakni xAI.

Akan tetapi, dampaknya terhadap Google-lah yang mungkin terbukti paling signifikan. Google seketika berada dalam posisi yang terdesak dan terpaksa mengevaluasi kembali operasionalnya. Dalam waktu sembilan hari, Google perusahaan yang dikenal sangat berhati-hati memutuskan untuk mengubah strategi dan segera meluncurkan chatbot miliknya sendiri, Bard, yang ditenagai oleh model bahasa besar (LLM) buatan Google, PaLM 2.99 Pada 6 Februari 2023 sehari sebelum Microsoft memperkenalkan mesin pencari barunya yang diperkuat AI, Bing Google mengumumkan kehadiran Bard. Sayangnya, Google melakukan kesalahan dalam salah satu video promosi awal untuk Bard. Hal ini ditafsirkan oleh banyak pihak sebagai indikasi bahwa peluncuran tersebut dilakukan secara terburu-buru demi mendahului Microsoft. Terlepas dari apakah anggapan itu benar atau tidak, nilai saham Alphabet anjlok sebesar Rp 1 kuadriliun dalam waktu hampir semalam.

Di sisi lain, peluncuran ChatGPT juga memicu persaingan di ranah mesin pencari. Selama ini, Google menguasai pangsa pasar terbesar di sektor mesin pencari dan memiliki keunggulan signifikan dibandingkan pesaing terdekatnya, Bing milik Microsoft. Muncul spekulasi bahwa AI entah berdampak positif atau negatif pada akhirnya mungkin akan menggantikan mesin pencari. Bahkan, Larry Page, salah satu pendiri Google, pernah menyatakan bahwa AI bercita-cita menjadi mesin pencari yang sempurna:

> Kecerdasan Buatan (AI) akan menjadi versi pamungkas dari Google. Sebuah mesin pencari sempurna yang mampu memahami segala sesuatu di web. Sistem ini akan memahami dengan tepat apa yang Anda inginkan dan memberikan jawaban yang paling tepat. Saat ini, kita masih jauh dari titik tersebut. Namun, kita bisa terus mendekatinya secara bertahap, dan itulah yang pada dasarnya sedang kami kerjakan.

Akan tetapi, dengan akuisisi efektif terhadap OpenAI, Microsoft kini berada dalam posisi untuk mengancam hegemoni Google. Dengan menyempurnakan Bing menggunakan ChatGPT, Microsoft mampu menyajikan jawaban langsung, alih-alih sekadar menampilkan daftar tautan yang relevan. Sementara itu, Bard dari Google dirancang bukan sebagai mesin pencari, melainkan untuk beroperasi berdampingan dengan mesin pencari Google guna menghasilkan informasi serta gagasan-gagasan menarik. Dengan demikian, persaingannya terlihat jelas: Bing dari Microsoft yang diperkuat oleh ChatGPT berhadapan dengan mesin pencari Google yang digunakan bersama dengan Bard. Tampaknya, Microsoft telah selangkah lebih maju dibandingkan Google dengan meluncurkan mesin pencari pertama di dunia yang diperkuat oleh kecerdasan buatan (AI). Lantas, bagaimana dengan Google? Sebagaimana disampaikan oleh Jack Krawczyk, Google memiliki ambisinya sendiri di bidang ini: "Kami juga akan mengintegrasikan LLM (model bahasa besar) ke dalam fitur Pencarian secara lebih mendalam dan terencana nantikan perkembangan selanjutnya." Dengan demikian, kehadiran ChatGPT telah membawa dampak yang jauh melampaui peluncurannya itu sendiri. Hal ini memicu pergeseran orientasi secara menyeluruh di pasar global serta mendorong persaingan sengit di antara perusahaan-perusahaan teknologi, baik di tingkat nasional maupun internasional.

2.10 PERSAINGAN GLOBAL DAN TANTANGAN KESELAMATAN AI

Perlombaan tengah berlangsung. Sebagaimana dicatat oleh Sundar Pichai, CEO Google, kemajuan terjadi dengan kecepatan kilat: "Saat ini, skala komputasi AI terbesar meningkat dua kali lipat setiap enam bulan, jauh melampaui Hukum Moore." Apakah ini serta-merta menjadi kabar baik bagi umat manusia? Bagi sejumlah pemimpin di bidang ini, hal tersebut justru menjadi sumber kekhawatiran yang kian mendalam. Pada Maret 2023, *Future of Life Institute* merasa begitu khawatir dengan kecepatan pengembangan model bahasa besar (LLM) serta potensi risiko yang menyertainya, sehingga mereka mengeluarkan sebuah surat:

> **Kami menyerukan kepada seluruh laboratorium AI untuk segera menghentikan sementara—setidaknya selama 6 bulan—pelatihan sistem AI yang lebih canggih daripada GPT-4**. Jeda ini harus bersifat terbuka, dapat diverifikasi, dan mencakup semua pihak utama yang terlibat. Jika jeda semacam ini tidak dapat segera diterapkan, pemerintah harus turun tangan dan memberlakukan moratorium.
>
> Laboratorium AI dan para pakar independen harus memanfaatkan jeda ini untuk bersama-sama menyusun serta menerapkan protokol keselamatan bersama bagi perancangan dan pengembangan AI tingkat lanjut, yang diaudit dan diawasi secara ketat oleh pihak luar yang independen. Protokol-protokol ini harus menjamin bahwa sistem yang mematuhinya benar-benar aman tanpa keraguan yang wajar. Hal ini bukan berarti menghentikan pengembangan AI secara keseluruhan, melainkan sekadar mengambil langkah mundur dari perlombaan berbahaya menuju model "kotak hitam" (*black-box*) yang semakin besar, sulit diprediksi, dan memiliki kemampuan yang muncul secara tiba-tiba (*emergent capabilities*).

Penting untuk dicatat bahwa petisi tersebut secara eksplisit menyebut 'kemampuan yang muncul' (*emergent capabilities*) sebagai sumber kekhawatiran. Ini merujuk pada kemampuan yang dimiliki oleh 'pikiran digital' kemampuan yang 'tidak dapat dipahami, diprediksi, atau dikendalikan oleh siapa pun, bahkan oleh penciptanya sendiri'. Kekhawatiran di sini, kemungkinan besar, adalah bahwa meskipun kita telah mendeteksi beberapa kemampuan nyata yang dikembangkan oleh model bahasa besar (LLM) ini, mungkin ada kemampuan lain yang belum kita ketahui.

Para penandatangan petisi ini mencakup tokoh-tokoh terkemuka di bidang kecerdasan buatan (AI), seperti Elon Musk, Steve Wozniak, dan Yoshua Bengio, serta tokoh penting lainnya, termasuk politisi Andrew Yang dan sejarawan sekaligus filsuf Yuval Noah Harari. Namun, terlepas dari niat mulianya, petisi tersebut sejak awal ditakdirkan untuk gagal. Perusahaan-perusahaan yang memimpin pengembangan LLM seperti OpenAI dan Google tentu tidak mungkin menghentikan studi mereka di tengah persaingan yang sangat ketat. Hal ini ibarat meminta para pelari yang memimpin maraton Olimpiade untuk melambat, yang justru akan memberi kesempatan bagi peserta lain untuk mengejar ketertinggalan mereka.

Selain itu, terdapat masalah lain yakni hampir mustahil untuk menegakkan mandat semacam itu. Lagi pula, jika komunitas internasional saja tidak mampu mencegah Presiden Rusia Vladimir Putin menginvasi Ukraina, bagaimana mungkin mereka bisa mencegahnya atau siapa pun untuk terus mengembangkan LLM? Namun, masalah utamanya tentu saja terletak pada fakta bahwa persaingan merupakan bagian tak terpisahkan dari kapitalisme. Ketika persaingan didorong terutama oleh faktor ekonomi, kekhawatiran etis yang lebih mendalam cenderung terabaikan. Seperti yang dikemukakan oleh Geoffrey Hinton, 'Jika Anda hidup dalam sistem kapitalis, Anda tidak bisa menghentikan Google untuk bersaing dengan Microsoft.' Dengan beralihnya posisi Musk yang kini membangun superkomputer sendiri, Colossus, jelas bahwa persaingan justru semakin sengit.

'Apakah AI Merupakan Perlombaan Antariksa yang Baru?'

Sejarah AI pada dasarnya adalah sejarah persaingan. AI lahir sebagian besar dari konflik melalui upaya Alan Turing dalam memecahkan kode Enigma milik Nazi selama Perang Dunia II dan berkembang lewat studi yang didanai oleh DARPA serta organisasi militer lainnya selama Perang Dingin. Sejarah AI juga ditandai oleh persaingan sengit antara berbagai pendekatan terhadap AI, serta antara berbagai perusahaan perangkat lunak. dan pemasaran AI telah memicu serangkaian kompetisi nyata: Deep Blue melawan Garry Kasparov, serta AlphaGo melawan Lee Sedol. Saat ini, terdapat persaingan yang sengit, baik di tingkat nasional maupun internasional, terkait AI. Apakah AI merupakan Perlombaan Antariksa yang baru?

BAB 3
GENERASI VISUAL DAN TRANSFORMASI DESAIN BERBASIS AI

Meskipun model difusi seperti MidJourney, DALL-E, Stable Diffusion, dan LookX kini telah menjadi sinonim dengan pembuatan gambar berbasis kecerdasan buatan (AI), teknologi ini merupakan perkembangan yang sangat baru. Teknologi tersebut adalah yang terkini dalam serangkaian teknik pembuatan gambar yang kian canggih. Namun, pembuatan gambar pun memiliki sejarah awal meskipun relatif singkat. Secara paradoks, pengembangan teknik pembuatan gambar justru bergantung pada kemajuan dalam bidang pengenalan gambar. Menariknya, dunia perfilman telah memprediksi adanya teknologi pengenalan gambar. Sebagai contoh, film 2001: *A Space Odyssey* menampilkan Hal 9000, AI di dalam pesawat luar angkasa tersebut, yang mampu membaca gerakan bibir dan mengenali wajah. Akan tetapi, pengenalan gambar baru benar-benar berkembang pesat setelah terjadinya revolusi pembelajaran mendalam (*deep learning*). Faktanya, meskipun pengenalan wajah kini telah disematkan ke dalam sebagian besar perangkat pribadi, pada tahun 2012 teknologi pengenalan gambar sebenarnya masih dalam tahap pengembangan awal.

3.1 IMAGENET DAN TEROBOSAN ALEXNET DALAM PENGENALAN CITRA

Sebuah terobosan krusial dalam bidang pengenalan gambar dicapai melalui penemuan oleh Fei-Fei Li yang kini menjadi salah satu tokoh terkemuka di bidang AI, namun saat itu masih seorang peneliti muda di Princeton. Ia menemukan bahwa prinsip-prinsip yang digunakan dalam basis data leksikal WordNet dapat diterapkan untuk menciptakan ImageNet, sebuah sistem pemrosesan berbasis gambar. Jika WordNet didasarkan pada kata benda, ImageNet memanfaatkan sistem tersebut dengan menghubungkan kata benda ke gambar-gambar yang memuat contoh dari kata benda yang dimaksud. Faktanya, jika kita ingin menentukan momen tepat saat teknologi pengenalan citra mencapai kematangannya, momen tersebut adalah ketika yang mengejutkan banyak pihak sebuah tim yang beranggotakan Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, dan Geoffrey Hinton memenangkan tantangan ImageNet 2012 dengan selisih yang sangat besar, menggunakan sistem jaringan saraf tiruan konvolusional (*deep convolutional neural network*) mereka yang disebut AlexNet.

Hasilnya sungguh mencengangkan. Mereka memenangkan kompetisi tersebut dengan keunggulan telak menggunakan teknologi yang sebelumnya dianggap sudah benar-benar usang. Dampak dari momen ini tidak bisa diremehkan. Sebagaimana diungkapkan oleh Li: Hal yang paling mengejutkan dari karya yang diajukan tersebut adalah cara mereka mencapainya. Meskipun telah ada pengembangan selama beberapa dekade dan minat yang luas terhadap algoritma modern yang memenangkan kompetisi dalam dua tahun sebelumnya, para penciptanya justru menghidupkan kembali jaringan saraf tiruan dan dengan teknologi tersebut, mereka melibas para pesaing lainnya. Peringkat kedua bahkan tertinggal sangat jauh... Lonjakan sebesar 10 poin persentase? Hanya dalam satu tahun? Dan dilakukan oleh jaringan saraf tiruan?... Ibarat mendengar kabar bahwa rekor kecepatan darat dipecahkan

dengan selisih seratus mil per jam menggunakan mobil Honda Civic. Dari perspektif arsitektur, ini juga merupakan momen yang sangat penting karena membuka jalan bagi teknologi pembuatan citra (*image generation*) sebuah tantangan yang sejak lama dianggap sebagai "cawan suci" (*holy grail*) oleh para peneliti kecerdasan buatan (AI). Sebab, begitu sebuah citra dapat dikenali, langkah selanjutnya adalah menciptakan citra tersebut.

3.2 DEEPDREAM: GENERASI CITRA MELALUI JARINGAN SARAF KONVOLUSIONAL

Meskipun jaringan saraf tiruan komputasional dilatih untuk membedakan berbagai citra, sistem ini harus memiliki pemahaman tertentu mengenai citra-citra tersebut. Pemahaman inilah yang memungkinkan sistem tersebut untuk menghasilkan citra saat dijalankan secara terbalik.



Gambar 3.1 Martin Thomas, Aurelia Aurita, gambar yang dihasilkan oleh DeepDream. Gambar DeepDream ini dibuat setelah lima puluh iterasi oleh jaringan saraf tiruan yang dilatih untuk mengenali anjing.

DeepDream adalah salah satu program visi komputer (*computer vision*) paling awal yang menggunakan jaringan saraf konvolusional (*ConvNet*) untuk menghasilkan citra. Program ini dikembangkan oleh Alex Mordvintsev dari tim *Google Artists and Machine Intelligence* (AMI) dan dirilis pada tahun 2015. DeepDream membalik alur informasi dalam jaringan saraf tiruan yang juga disebut sebagai "membalikkan jaringan" (*inverting the network*) untuk menciptakan citra.

Alih-alih dimulai dengan sebuah gambar lalu mengategorikannya, *DeepDream* dapat digunakan untuk memulai dengan suatu kategori, kemudian menghasilkan sebuah gambar. Sebagai contoh, sementara jaringan saraf tiruan standar mampu mengenali gambar seekor kucing dan mengategorikannya sebagai ‘kucing’, *DeepDream* justru dapat memulai dengan kategori ‘kucing’ lalu menciptakan gambar yang menyerupai kucing. Dengan demikian, alih-alih beroperasi ‘dari gambar menuju media’, *DeepDream* beroperasi ‘dari media menuju gambar’. Akan tetapi, *DeepDream* sering kali menghasilkan gambar yang terkesan ‘psikedelik’ atau agak surealis, dengan berbagai objek yang muncul dalam beragam pose. Penyebab di balik penumpukan pose tersebut adalah karena jaringan klasifikasi yang telah dilatih telah

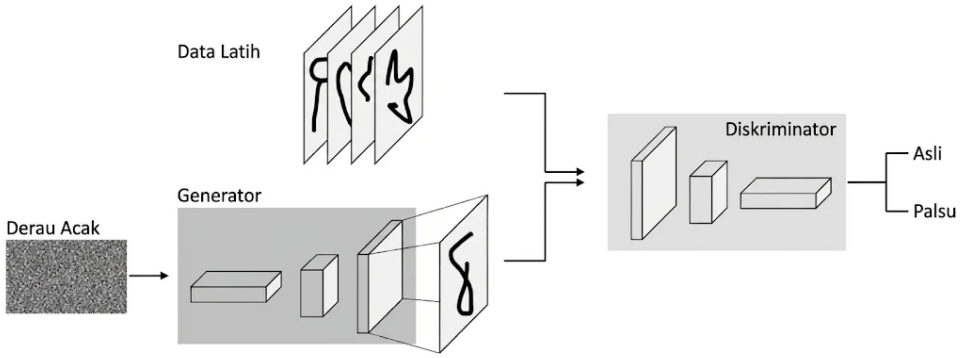
mempelajari teknik pemetaan *many-to-one* (banyak-ke-satu) di mana berbagai gambar yang berbeda dapat dikategorikan, misalnya, sebagai 'burung'. Dalam proses ini, sistem membuang informasi piksel yang dianggap tidak penting demi menghasilkan prediksi klasifikasi. Akibatnya, tidak tersedia informasi yang cukup bagi sistem untuk beralih ke pemetaan *one-to-many* (satu-ke-banyak). Oleh karena itu, sistem ini tidak mampu menghasilkan gambar 'burung' yang realistis.

3.3 GAN DAN PERKEMBANGAN GENERASI CITRA AI

Langkah penting berikutnya dalam sejarah pembuatan citra muncul dengan ditemukannya *generative adversarial network* (GAN). Konsep ini pertama kali diusulkan oleh Ian Goodfellow pada tahun 2014, namun butuh beberapa tahun untuk menjadi populer, dan sejak saat itu telah mengalami perkembangan yang pesat. GAN menjadi salah satu teknik awal yang paling populer untuk pembuatan citra, sebelum akhirnya muncul model difusi (*diffusion models*). GAN adalah teknik untuk melatih komputer dalam melakukan tugas-tugas kompleks melalui proses generatif yang diukur berdasarkan sekumpulan citra pelatihan. Teknik ini merupakan terobosan besar dalam upaya menyintesis citra dan mampu mengatasi masalah munculnya objek dalam berbagai pose sebuah kendala yang sempat menghambat DeepDream. Selain itu, GAN juga mampu menghasilkan citra dengan resolusi yang jauh lebih baik.

GAN didasarkan pada kompetisi antara dua jaringan saraf (*neural network*) yang berbeda. Sistem ini terdiri dari generator atau 'seniman' yang menciptakan citra, serta discriminator atau 'kritikus' yang mengevaluasi citra-citra tersebut. Dalam kompetisi ini, generator berupaya mengelabui diskriminator dengan menciptakan citra yang sangat realistis, sehingga diskriminator tidak lagi mampu membedakannya dari kumpulan data yang asli. Mishak Navak menjelaskan proses tersebut sebagai berikut:

> Generator (seorang seniman) menciptakan sebuah citra. Generator tidak mengetahui apa pun mengenai citra yang asli dan belajar melalui interaksinya dengan diskriminator. Diskriminator (seorang kritikus seni) menentukan apakah suatu objek itu 'asli' atau 'palsu'... Generator terus menciptakan citra baru dan menyempurnakan prosesnya hingga diskriminator tidak lagi dapat membedakan antara citra yang dihasilkan dengan citra pelatihan yang asli.



Gambar 3.2 Diagram yang mengilustrasikan cara kerja *generative adversarial network* (GAN). Cara untuk memahami operasional GAN adalah dengan membayangkannya sebagai sebuah kontes antara pemalsu karya seni yang berusaha menciptakan karya yang meyakinkan, dengan seorang pakar seni yang berupaya memastikan apakah karya tersebut asli atau palsu.

Keduanya bekerja secara berpasangan dan berkembang seiring waktu; sang 'seniman' melatih sang 'kritikus', dan sang 'kritikus' melatih sang 'seniman'. Setelah sang 'seniman' terlatih, sang 'kritikus' dapat disingkirkan. Penemuan GAN telah memicu lonjakan studi yang luar biasa serta pengembangan berbagai versi yang berbeda, dengan hasil keluaran yang kian hari kian disempurnakan. GAN dikembangkan berdasarkan kemajuan yang dicapai oleh DeepDream dengan cara-cara baru yang menarik. Meskipun tidak luput dari berbagai kendala, standar kualitasnya telah meningkat pesat dalam beberapa tahun sejak GAN pertama kali dikembangkan.

Sebagai contoh, *Progressive Growing of GANs* (ProGAN) meningkatkan resolusi gambar lapis demi lapis. Hal ini mempercepat keseluruhan proses dan menghasilkan tingkat realisme yang jauh lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Namun, pengendalian terhadap fitur-fitur tertentu dalam gambar yang dihasilkan masih terbatas, yang menimbulkan masalah 'keterikatan' (*entanglement*), di mana perubahan atau penyesuaian kecil pada satu fitur akan berdampak pada fitur lainnya. StyleGAN menawarkan penyempurnaan lebih lanjut dalam hal resolusi dan kualitas dengan memulai dari gambar beresolusi sangat rendah, lalu secara bertahap meningkatkan resolusinya. StyleGAN memperlakukan gambar sebagai kumpulan 'gaya' (*style*) yang berbeda; setiap 'gaya' mengendalikan efek pada skala tertentu—baik itu 'gaya' kasar seperti pose, rambut, atau bentuk wajah; 'gaya' menengah seperti mata dan fitur wajah lainnya; maupun 'gaya' halus seperti warna.

Dengan demikian, StyleGAN mampu mengatasi masalah 'keterikatan' dengan mengurangi korelasi antarfitur. Selama proses pembelajaran, sistem ini dapat mengubah detail tertentu seperti gaya rambut atau usia dengan jauh lebih meyakinkan, yakni dengan mengisolasi fitur-fitur spesifik dan memadukannya satu sama lain. Bahkan, StyleGAN mampu menghasilkan wajah buatan yang begitu meyakinkan hingga sering kali hampir mustahil untuk dibedakan dari wajah asli. Terdapat pula situs web yang secara otomatis menghasilkan wajah-wajah baru dengan tingkat realisme yang sangat tinggi.

Mungkin keunggulan terbesar dari teknik ini adalah kemampuan untuk memproses gambar secara langsung tanpa perlu diberi label atau diklasifikasikan terlebih dahulu, sehingga menghemat banyak waktu. Salah satu versi GAN yang populer di kalangan seniman dan arsitek adalah CycleGAN. Model ini bekerja dengan kumpulan data (*dataset*) yang tidak berpasangan dan memungkinkan transfer lintas domain antara dataset A dan dataset B. Jaringan ini harus menentukan bagaimana cara mentransfer konsep di antara kedua dataset tersebut. Contoh yang baik dari penerjemahan citra-ke-citra (*image-to-image translation*) menggunakan CycleGAN adalah pemetaan pola garis-garis pada zebra ke gambar seekor kuda. Meskipun sering disebut sebagai 'transfer gaya' (*style transfer*), proses ini sebenarnya mengekstraksi dan mentransfer fitur-fitur kunci tertentu dari satu domain ke domain lainnya.



Gambar 3.3 Daniel Bolojan, *Machine Perceptions: Gaudí + Neural Networks*. Proyek studi ini menggunakan CycleGAN untuk menghasilkan gambar berdasarkan dua dataset yang tidak berpasangan: gambar interior gereja Sagrada Familia di Barcelona, Spanyol, dan video perjalanan menyusuri hutan.

Biasanya, sebuah GAN terdiri dari satu generator dan satu diskriminator, namun CycleGAN menggunakan dua generator dan dua diskriminator. Keunggulan CycleGAN adalah kemampuannya menghindari '*mode collapse'* masalah yang kerap terjadi pada StyleGAN di mana generator gagal menghasilkan sesuatu yang baru, sementara diskriminator tidak dapat mempermasalahkan hasilnya karena dianggap 'benar'. Dengan demikian, CycleGAN mampu mempelajari karakteristik khusus dari satu dataset dan menerapkannya ke dataset lain, tanpa memerlukan contoh pelatihan yang berpasangan. Creative *Adversarial* Network (CAN) merupakan variasi lain dari GAN yang dikembangkan untuk menciptakan karya seni. `CAN memperkenalkan strategi baru dalam pembuatan karya seni berbasis kecerdasan buatan (AI). Pada jenis GAN lainnya, dataset awal akan membatasi ruang pencarian bagi output yang dihasilkan. Artinya, meskipun sistem dapat menciptakan variasi yang tak terbatas yang tampak seperti perpaduan atau rata-rata dari data dalam dataset sistem tersebut tidak akan mampu menghasilkan sesuatu di luar cakupan dataset aslinya. Sebaliknya, pada CAN, batasan-batasan ini dilonggarkan, sehingga memungkinkan munculnya variasi di luar rentang dataset tersebut. Hasilnya, karya yang tercipta tetap selaras dengan kaidah seni yang diakui, sekaligus menawarkan variasi baru yang cukup menarik untuk memantik perhatian.

Bidang pengembangan lainnya adalah pemrosesan bahasa alami (*natural language processing*), di mana gambar dihasilkan berdasarkan teks. Salah satu eksplorasi awal dalam konsep ini adalah pengembangan AttnGAN, sebuah varian GAN yang memungkinkan 'penyempurnaan multi-tahap berbasis perhatian (*attention-driven*) untuk menghasilkan gambar dari teks secara mendetail'. AttnGAN bermula dari gambar kasar beresolusi rendah, yang kemudian disempurnakan secara bertahap hingga menghasilkan sesuatu yang tampak seperti interpretasi 3D dari pola 2D meskipun secara teknis tetap berupa gambar 2D. Pendekatan ini memiliki keunggulan signifikan dibandingkan model GAN lainnya dan berpotensi membuka ranah pemrosesan bahasa alami untuk kebutuhan pembuatan gambar.

Namun pada akhirnya, arsitek adalah makhluk visual, dan masalah utama dari GAN dari sudut pandang arsitek adalah bahwa teknologi ini pada dasarnya gagal memenuhi harapan. Yang dibutuhkan adalah sebuah teknik yang jauh lebih mudah digunakan, yang mampu menghasilkan gambar-gambar meyakinkan dengan jauh lebih cepat dan dalam resolusi yang lebih tinggi, serta memiliki kemampuan untuk menambahkan teknik rendering, pencahayaan yang disesuaikan, dan berbagai fitur desain lainnya. Teknik ini pun segera muncul, dan kehadirannya kelak menggemparkan dunia arsitektur.

3.4 MODEL DIFUSI: PRINSIP KERJA DAN GENERASI CITRA BERBASIS TEKS

Terobosan besar dalam pembuatan gambar muncul seiring dengan pengembangan model difusi. Model ini merupakan jaringan saraf tiruan yang telah dilatih sebelumnya (*pretrained neural networks*) dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan gambar berskala dalam hitungan detik, lengkap dengan latar belakang yang kompleks, efek kedalaman bidang (*depth of field*), bayangan, bahkan pantulan. Istilah 'model difusi' merujuk pada dua proses 'difusi' berbeda yang digunakan untuk menghasilkan gambar. Proses pertama, yang disebut 'difusi maju' (*forward diffusion*), menggunakan rantai Markov dari langkah-langkah difusi; setiap langkah menambahkan derau Gaussian (*Gaussian noise*) ke data input, yang secara bertahap merusak data tersebut. Proses kedua, yang disebut 'difusi balik' (*reverse diffusion*), pada dasarnya membalikkan proses tersebut untuk memulihkan data asli, sehingga menghasilkan keluaran yang baru dan beragam.

Secara garis besar, model difusi adalah model 'teks-ke-gambar' (*text-to-image*) yang beroperasi menggunakan 'perintah' (*prompt*) atau deskripsi verbal yang ditulis dalam bahasa alami sebagai input, yang kemudian diubah menjadi gambar yang sesuai sebagai output. Proses ini tidak melibatkan pencarian di internet untuk menemukan hubungan antara gambar dan keterangan (*caption*); melainkan didasarkan pada data pelatihan yang terdiri dari gambar-gambar yang telah diberi keterangan. Hasilnya, jaringan tersebut 'mempelajari' hubungan antara teks dan gambar. Sebuah perintah teks sederhana kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai gambar yang berbeda. Ini bukan lagi sekadar ungkapan 'sebuah gambar bermakna seribu kata', melainkan 'sebuah perintah dapat menghasilkan seribu gambar'.

Model difusi sangat mudah digunakan. Dalam kasus MidJourney, langkah awalnya adalah menghasilkan atau 'membayangkan' empat gambar terpisah berdasarkan perintah teks. Pengguna kemudian dapat meningkatkan resolusi (*upscale*) atau membuat variasi dari salah satu hasil awal tersebut untuk menghasilkan generasi gambar kedua, yang selanjutnya dapat menjadi dasar bagi generasi berikutnya. Proses ini disebut 'iterasi' dan dapat terus dilakukan selama pengguna menginginkannya, sehingga memungkinkan pengguna untuk menyempurnakan hasil secara bertahap. Iterasi memungkinkan perancang untuk mengarahkan hasil ke arah tertentu, meskipun pengguna tidak pernah memiliki kendali penuh atas seluruh prosesnya. Hal ini mungkin bisa diibaratkan seperti seorang instruktur yang memberikan saran kepada mahasiswanya, sementara sang mahasiswa tetap memegang kendali atas keseluruhan proses tersebut. Atau, hal ini bisa diibaratkan seperti cara seorang

pimpinan firma arsitektur memberikan arahan kepada karyawannya mengenai pengembangan suatu proyek. Proses ini juga memungkinkan terjadinya diferensiasi, di mana satu benih awal dapat dikembangkan ke berbagai arah yang berbeda. Bayangkan ini seperti sebuah 'pohon keluarga'. Seorang perancang pada dasarnya dapat menciptakan beberapa cabang dari pohon yang sama ibarat sepupu yang semuanya memiliki hubungan kekerabatan satu sama lain, namun masing-masing berkembang ke arahnya sendiri.

3.5 REKAYASA PROMPT DALAM GENERASI CITRA BERBASIS AI

Perhatian cermat perlu diberikan pada pemilihan kata yang tepat dalam sebuah prompt. Bidang ini disebut sebagai 'rekayasa prompt' (*prompt engineering*). Prompt untuk menghasilkan gambar dari teks (*text-to-image*) memiliki kemiripan dengan prompt berbasis teks (*text-to-text*) karena keduanya menggunakan bahasa alami. Namun, jika prompt berbasis teks biasanya terdiri dari kalimat lengkap, prompt untuk menghasilkan gambar justru berupa serangkaian deskripsi singkat yang dipisahkan oleh koma. Urutan deskripsi-deskripsi ini sangatlah penting. Deskripsi pertama memiliki bobot paling besar, meskipun pada beberapa model, bobot tersebut dapat disesuaikan. Jelas sekali bahwa 'rekayasa *prompt'* kini menjadi keterampilan yang semakin penting. Meski demikian, bidang ini mungkin tidak sepenuhnya merupakan ilmu pasti seperti yang tersirat dari istilah 'rekayasa' (*engineering*). Model difusi bisa jadi cukup sulit untuk dikendalikan; mengubah satu kata saja dapat menghasilkan keluaran yang sama sekali berbeda.

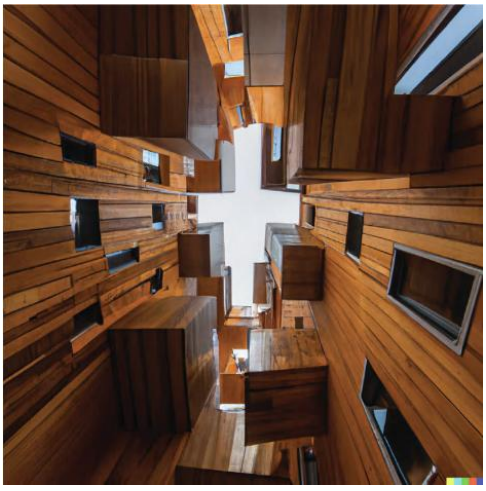
Salah satu alasannya adalah bahwa seperti halnya model bahasa besar (LLM) model difusi tampak menggunakan logika yang bersifat 'asosiatif'; artinya, setiap istilah dalam perintah (*prompt*) akan membawa asosiasinya masing-masing. Sebagai contoh, nama seorang arsitek atau seniman tertentu kemungkinan besar akan memicu asosiasi dengan lingkungan tempat asal mereka meliputi flora, fauna, topografi, cuaca, bahkan kualitas cahayanya. Merujuk pada arsitek asal Meksiko, Luis Barragán, misalnya, cenderung akan menghasilkan gambar yang tidak hanya menampilkan warna-warna atau bentuk-bentuk khas karyanya, tetapi juga pepohonan, lanskap, kualitas cahaya, dan berbagai aspek lain yang identik dengan Meksiko. Begitu pula dengan istilah '*house extension'* (perluasan rumah) istilah yang terutama digunakan di Inggris yang kemungkinan besar akan menghasilkan bangunan dengan gaya khas Inggris, lengkap dengan latar langit yang mendung.



Gambar 3.4 Giovanna Pillaca, Kuil Futuristik di India. Gambar dihasilkan menggunakan CLIP dan VQGAN, berdasarkan prompt *'Futuristic Temple in India'* (Kuil Futuristik di India) serta pra-prompt '*Ma Yansong'*, *'Morphosis Architects'*, dan *'Wolf Prix'*.

3.6 SEJARAH DAN PERKEMBANGAN MODEL DIFUSI UNTUK GENERASI CITRA AI

Pada Januari 2021, OpenAI meluncurkan DALL-E, sebuah versi dari GPT-3 yang dilatih untuk menghasilkan gambar berdasarkan deskripsi tekstual. Nama DALL-E merupakan gabungan dari Salvador Dalí pelukis surealis ternama asal Spanyol dan Wall-E, karakter dari Pixar. Nama ini mencerminkan kemampuan gandanya: menciptakan gambar surealis serta menghasilkannya dari teks. DALL-E segera menarik perhatian luas karena mampu menghasilkan karya yang sangat orisinal dan mengejutkan, contohnya "kursi yang terinspirasi dari buah alpukat".



Gambar 3.5 Aaron Hertzmann, Proyek perumahan karya Olafur Eliasson. Ini adalah salah satu citra arsitektural paling awal yang dihasilkan menggunakan DALL-E2.

Namun, kendala pada DALL-E adalah sifatnya yang tidak sepenuhnya sumber terbuka (*open source*); meskipun pengguna dapat berinteraksi dengannya, kode dasar dan data pelatihannya tidak dibuka untuk publik, sehingga membatasi pemanfaatannya di kalangan komunitas

desain. Meski demikian, bersamaan dengan peluncuran DALL-E, OpenAI memperkenalkan *Contrastive Language-Image Pre-Training* (CLIP), sebuah model multimodal visi-bahasa yang bersifat sumber terbuka. CLIP mampu memahami dan menyusun deskripsi teks untuk gambar, serta menjalankan tugas seperti klasifikasi gambar berdasarkan perintah dalam bahasa alami.

Tak lama kemudian, muncul teknik baru yang menggabungkan CLIP dengan *Vector Quantized GAN* (VQGAN), sebuah arsitektur jaringan saraf tiruan untuk pembuatan gambar. Integrasi antara model CLIP dan VQGAN yang disebut sebagai *CLIP-guided VQ-VAE-2* ini mampu menghasilkan gambar dari perintah teks secara efektif. Pada masanya, hasil yang ditampilkan tergolong cukup meyakinkan dan menandai kemajuan signifikan dalam pengembangan model teks-ke-gambar dibandingkan dengan model GAN konvensional. Namun, ini hanyalah permulaan. Setelah itu, muncul serangkaian aktivitas yang intens. Pada bulan April 2022, OpenAI mengumumkan DALL-E 2, sebuah model difusi yang merupakan versi terbaru dan jauh lebih baik dari DALL-E orisinal, meskipun pada awalnya akses masih terbatas untuk sekelompok pengguna AI terpilih. Pada bulan Juni 2022, OpenAI akhirnya membuka akses DALL-E 2 untuk publik. Kemudian, pada Oktober 2023, DALL-E 3 dirilis di dalam ChatGPT bagi pelanggan ChatGPT Plus dan ChatGPT Enterprise.

MidJourney menempuh jalur yang serupa. MidJourney V1 pertama kali diluncurkan dalam mode Beta pada Februari 2022 untuk kelompok pengguna yang sangat terbatas, disusul dengan perilisan MidJourney V2 Beta pada April 2022. Mulai Juli 2022, layanan ini memasuki tahap 'Beta terbuka' artinya, meskipun masih dalam mode Beta, hampir siapa pun dapat menggunakannya. Sejak saat itu, berbagai versi telah dirilis secara berturut-turut; MidJourney V6 Beta, yang dirilis pada Desember 2023, menghadirkan peningkatan yang signifikan.



Gambar 3.6 Neil Leach, *Zaha Hadid Inspired Interior*, yang dihasilkan menggunakan MidJourney V 5.3. Gambar ini dibuat dengan salah satu versi awal MidJourney, sehingga ketajaman gambarnya tidak sebaik hasil yang dibuat menggunakan versi-versi yang lebih baru.

Sementara itu, pada Juni 2022, Google meluncurkan model pembuatan gambar autoregresif yang disebut *Pathways Autoregressive Text-to-Image* (PARTI). Kemudian, Stable Diffusion

diluncurkan pada Agustus 2022 (dan dirilis secara resmi pada Agustus 2023). Selanjutnya, pada akhir Juni 2023, diluncurkan LookX model difusi pertama yang berbasis Stable Diffusion dan dilatih secara khusus menggunakan data arsitektural. Secara efektif, tahun 2022 menjadi periode di mana sebagian besar model difusi ini beserta banyak model lainnya diluncurkan. Oleh karena itu, tahun tersebut menandai dimulainya "Musim Semi AI" (*AI Spring*) dalam bidang pembuatan gambar. Tak lama setelah kemunculannya, model-model difusi ini mulai menarik banyak peminat, terutama di kalangan komunitas desain, antara lain karena sifatnya yang sangat sederhana, cepat, dan mudah digunakan. Kini, model-model tersebut telah menjadi bagian dari arus utama (*mainstream*).



Gambar 3.7 Massimo Russo, Visi ruang industri masa depan, dihasilkan menggunakan Stable Diffusion.

Meskipun saat ini model-model tersebut dikaitkan dengan pembuatan gambar, di masa depan prinsip ini dapat diperluas untuk mencakup apa pun yang dapat dikodekan ke dalam ruang multidimensi yang sangat besar. Apa yang bermula dari DALL-E dan MidJourney kini telah berkembang pesat menjadi sebuah industri. Kita telah melihat berbagai hasil lain seperti video, permainan video, dan banyak lagi yang diciptakan melalui rekayasa perintah (*prompt engineering*), dan kita dapat menantikan perkembangan lebih lanjut di masa mendatang. Namun, satu hal yang pasti: model difusi telah merevolusi pembuatan gambar berbasis kecerdasan buatan (AI).

3.7 KEUNGGULAN MODEL DIFUSI DIBANDINGKAN GAN DALAM GENERASI CITRA AI

Model difusi (*diffusion models*) memiliki mekanisme kerja yang berbeda dari jaringan adversarial generatif (*Generative Adversarial Networks* atau GAN). Model ini memanfaatkan kumpulan data berskala besar yang telah melalui proses pelatihan sebelumnya (*pre-trained*), yang umumnya terdiri atas berbagai gambar yang telah diberi label. Data pelatihan tersebut memiliki karakteristik yang beragam dan bersifat umum, sehingga tidak terbatas pada satu jenis tugas tertentu. Melalui proses pembelajaran tersebut, model difusi mampu mengenali berbagai pola, karakteristik, serta hubungan antarstruktur dalam data. Pemahaman yang luas ini membuatnya lebih fleksibel dan dapat diterapkan untuk menghasilkan berbagai jenis

gambar sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dibandingkan dengan GAN, model difusi memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya semakin populer dalam pengembangan teknologi generasi gambar berbasis kecerdasan buatan, antara lain:

1. **Tidak memerlukan persiapan data pelatihan dari awal.** Model difusi telah melalui proses pelatihan sebelumnya (*pre-trained*), sehingga pengguna tidak perlu melakukan pengumpulan dan pengelolaan data dalam jumlah besar secara mandiri. Hal ini dapat mengurangi kompleksitas serta waktu yang dibutuhkan dalam tahap persiapan pelatihan model.
2. **Proses pembuatan gambar lebih efisien.** Model difusi mampu menghasilkan gambar dalam waktu relatif singkat dibandingkan dengan GAN. Dalam banyak kasus, proses tersebut bahkan dapat diselesaikan hanya dalam hitungan detik.
3. **Lebih mudah digunakan.** Pengoperasian model difusi tidak mengharuskan pengguna memiliki pemahaman mendalam mengenai metode komputasi atau teknik pemrograman yang kompleks. Dengan demikian, teknologi ini dapat dimanfaatkan oleh pengguna dari berbagai latar belakang keahlian.
4. **Menghasilkan gambar dengan kualitas dan resolusi lebih tinggi.** Hasil yang dihasilkan model difusi umumnya memiliki tingkat detail, ketajaman, dan kualitas visual yang lebih baik dibandingkan dengan model berbasis GAN.

Secara keseluruhan, model difusi menawarkan pendekatan yang lebih praktis dan fleksibel dalam menghasilkan gambar berkualitas tinggi dengan variasi yang beragam. Kemampuannya dalam memanfaatkan pengetahuan dari data yang telah dipelajari sebelumnya, didukung oleh proses penggunaan yang relatif sederhana, menjadikan teknologi ini sebagai salah satu perkembangan penting dalam bidang generasi gambar berbasis kecerdasan buatan. Selain itu, model difusi mampu mengurangi sejumlah kendala teknis dan keterbatasan yang sebelumnya sering dijumpai dalam penggunaan GAN konvensional.

3.8 PERBANDINGAN MODEL DIFUSI DAN PENERAPANNYA DALAM DESAIN ARSITEKTUR

Terdapat beragam model difusi yang tersedia di pasar, namun tidak mungkin untuk membahas semuanya. Demi efisiensi, mari kita cermati model-model yang paling populer di kalangan desainer: MidJourney, DALL-E, dan Stable Diffusion. Khusus untuk komunitas arsitektur, mari kita sertakan juga LookX, yang telah disesuaikan untuk kebutuhan pasar arsitektur. Menurut jurnal Everypixel, Stable Diffusion memiliki 10 juta pengguna, MidJourney memiliki 15 juta pengguna terdaftar (dengan jumlah pengguna aktif hanya berkisar 1,5–2,5 juta), dan DALL-E memiliki 1,5 juta pengguna. Dari segi jumlah gambar yang dihasilkan, DALL-E 2 mencatat 916 juta gambar, MidJourney 964 juta gambar, sementara Stable Diffusion diperkirakan telah menghasilkan 12,59 miliar gambar.30 Akan tetapi, angka-angka ini perlu disikapi dengan hati-hati karena Stable Diffusion tidak hanya gratis untuk digunakan, tetapi juga bersifat sumber terbuka (*open source*). Artinya, jumlah gambar yang dihasilkan tidak terbatas pada platform milik Stability AI saja, sehingga angkanya tampak jauh lebih besar dibandingkan model lain dalam sampel tersebut. LookX pun menggunakan teknologi Stable Diffusion. Saat tulisan ini dibuat, LookX memiliki 100.000 pengguna terdaftar angka yang cukup

signifikan mengingat platform ini baru diluncurkan pada tahun 2023, dengan hampir seluruh penggunanya kemungkinan besar adalah arsitek.

Membandingkan tingkat kegunaan jauh lebih sulit. Terlebih lagi, dengan perkembangan yang terjadi setiap hari di bidang kecerdasan buatan (AI), perbandingan apa pun akan cepat menjadi usang. Meski demikian, dapat dikatakan bahwa model difusi telah menggeser dominasi model GAN dalam ranah pembuatan gambar. Selain itu, berdasarkan diskusi yang berkembang di internet saat ini, MidJourney tampaknya menjadi platform pilihan utama, khususnya di kalangan seniman dan arsitek. Platform ini menghasilkan "gambar yang kaya dan hidup, menyerupai lukisan atau foto", sementara hasil keluaran DALL-E cenderung lebih "mirip kartun". Sementara itu, meskipun terasa sedikit canggung karena beroperasi melalui saluran media sosial Discord, MidJourney lebih mudah digunakan dibandingkan Stable Diffusion yang memiliki banyak opsi kustomisasi serta kurva pembelajaran yang cukup sulit.



Gambar 3.8 Tim Fu, Crumpled Paper Renderings yang dihasilkan menggunakan Mode Render LookX. Di sini, LookX digunakan untuk mengubah gambar kertas yang diremas menjadi desain dengan gaya ZHA dan Gehry + Partners.

LookX memiliki dua keunggulan signifikan dibandingkan model generik lainnya. Pertama, model ini telah dilatih secara khusus menggunakan data arsitektural yang diberi label dengan terminologi arsitektur. Artinya, LookX tidak hanya memiliki pemahaman yang jauh lebih baik mengenai semantik arsitektural, tetapi juga mampu mengenali nama banyak arsitek serta merespons istilah-istilah arsitektur sesuatu yang tidak mungkin dilakukan oleh model difusi generik.

Sebagaimana dikemukakan oleh He, "Jika Anda meminta MidJourney untuk membuat bangunan dengan bentuk yang tidak lazim, hasilnya akan sangat abstrak dan sulit dikendalikan hampir mustahil untuk diwujudkan dalam kenyataan karena AI tersebut tidak dilatih menggunakan bahasa desain arsitektur." Kedua, selain "Mode Eksplorasi" (*Explore Mode*) untuk menelusuri bentuk, terdapat pula "*Mode Render*" (Render Mode) yang berfungsi sebagai filter untuk rendering arsitektural. Fitur ini memungkinkan sketsa yang relatif kasar sekalipun untuk diinterpretasikan menjadi bangunan dengan rendering penuh. Demikian pula, dalam pendekatan yang lebih eksperimental, LookX dapat mengubah gambar biasa menjadi bernuansa arsitektural. Dampak dari Mode Render ini tidak boleh diremehkan; fitur ini

berpotensi menjadi terobosan besar dalam bidang desain arsitektur sekaligus menantang keberlangsungan profesi spesialis rendering.

3.9 TRANSFORMASI PROSES DAN PERAN DESAINER DALAM ERA AI

Model difusi tampaknya memperkuat tren yang sudah ada dalam budaya yang kini semakin didominasi oleh strategi 'mencari' atau 'mengambil sampel'. Ambil contoh fotografi. Pada era fotografi manual, kita akan mengatur kamera dengan cermat untuk mendapatkan satu bidikan yang ideal. Namun, di era fotografi digital, kita justru mengambil serangkaian foto sebagai sampel. Setelah itu, kita meninjaunya, memilih yang paling disukai, lalu menyempurnakannya menggunakan teknik penyuntingan yang tersedia di setiap ponsel. Fokusnya bukan lagi pada fotografer ahli yang merancang satu bidikan ideal, melainkan pada pengguna yang paham cara mengambil berbagai foto sampel, kemudian memilih dan menyempurnakan hasil terbaiknya.

Dalam era desain komputasional, proses 'mengambil sampel' atau 'mencari' ini juga telah menjadi langkah awal dalam proses perancangan. Alih-alih mengembangkan satu desain tunggal, kecenderungan saat ini adalah menetapkan batasan-batasan tertentu lalu melakukan pencarian guna menghasilkan beragam kemungkinan hasil. Dengan perangkat seperti Grasshopper, proses ini dilakukan dengan menyusun definisi dan menyesuaikan penggeser (*slider*) untuk menghasilkan opsi sebanyak yang dibutuhkan. Asumsinya di sini adalah bahwa semua solusi yang mungkin sudah ada, dan kita hanya perlu mencarinya.

> Jika kita mencermati logika pencarian dalam konteks 'desain', pendekatan ini menyiratkan bahwa apabila semua solusi yang mungkin sudah ada, maka persoalannya hanyalah menentukan serangkaian batasan (kendala), melakukan pencarian, lalu memilih salah satu dari sekian banyak hasil yang muncul. Implikasi dari gagasan ini sangat luas. Hal ini tidak hanya menantang konsep tradisional, tetapi juga menunjukkan bahwa jika masih ada kreativitas dalam proses 'desain', maka kreativitas tersebut terletak pada dua hal: pertama, dalam menentukan batasan yang menghasilkan berbagai kemungkinan solusi atas suatu masalah; dan kedua, dalam mengembangkan metode yang efektif untuk menyaring atau mengevaluasi solusi-solusi tersebut.

Hal ini membawa implikasi besar bagi logika desain itu sendiri. Peran arsitek di masa lalu sebagai sosok yang menentukan bentuk secara *top-down* kini beralih menjadi arsitek sebagai pengendali proses. Pergeseran ini memindahkan fokus dari 'kreativitas' perancang menuju ketelitian proses pencarian itu sendiri, sekaligus menantang gagasan tentang sosok 'jenius kreatif'. Konsekuensinya, kita perlu meninjau kembali terminologi yang kita gunakan. Jika konsep desain tunggal digantikan oleh serangkaian opsi potensial, bukankah lebih tepat jika kita menyebutnya sebagai 'hasil' (*outcomes*)? Dan jika kegiatan merancang digantikan oleh upaya mencari berbagai kemungkinan hasil, bukankah proses ini lebih tepat disebut sebagai 'pencarian' (*searching*)? Dalam konteks ini, perancang hanyalah inisiator sebuah proses, dan hasil dari proses tersebut lebih tepat disebut sebagai 'hasil' daripada 'desain' dalam pengertian tradisional.

Kehadiran kecerdasan buatan (AI) semakin memperkuat tren ini dengan memungkinkan pencarian yang jauh lebih menyeluruh dan komprehensif di dalam ruang solusi. Dalam proses desain tradisional, kita biasanya mulai dengan memikirkan berbagai kemungkinan solusi, namun bias manusia sering kali membatasi cakupan tersebut. Sebaliknya, AI membantu kita memperluas rentang solusi yang ada. Dengan kata lain, AI menghadirkan solusi-solusi yang mungkin tidak pernah terpikirkan oleh kita sebelumnya. Dalam budaya arsitektur, penekanan yang semakin besar pada aspek pencarian ini terlihat jelas melalui penggunaan model difusi (*diffusion models*). Kita bisa menggunakan analogi GAN (*Generative Adversarial Network*) untuk menjelaskan bagaimana model difusi mampu meningkatkan proses desain secara efektif dengan menghasilkan lebih banyak pilihan. Tentu saja, jangan lupa bahwa dari perspektif teknis GAN dan model difusi beroperasi dengan cara yang sangat berbeda. Meskipun demikian, mungkin berguna untuk meninjau cara kerja GAN yang melibatkan dua jaringan saraf yang saling bersaing, yaitu 'generator' dan 'diskriminator' sebagai sarana untuk menjelaskan bagaimana model difusi meningkatkan proses kreatif.

Di satu sisi, kita bisa berpendapat bahwa manusia mungkin tidak sehebat yang dibayangkan dalam 'menghasilkan' gambar dan gagasan; model difusi justru mampu menciptakan rentang kemungkinan hasil yang jauh lebih luas daripada yang bisa dibayangkan oleh satu individu mana pun. Oleh karena itu, kita memerlukan model difusi ini untuk 'menambah' imajinasi kita, layaknya semacam prostesis 'kreatif'. Bukankah saat kita menyusun perintah (*prompt*), model-model difusi tersebut justru memicu kita untuk menjadi lebih imajinatif? Di sisi lain, kita bisa berargumen bahwa manusia sebenarnya adalah 'pemilah' (diskriminator) yang sangat efektif. Lagipula, kita mampu menilai apakah kita menyukai suatu koktail atau parfum secara hampir seketika. Hal yang sama berlaku untuk gambar. Mata seorang arsitek, misalnya, tetap menjadi salah satu aset paling berharga dalam proses desain, dengan kemampuan melakukan evaluasi secara sangat cepat. Akibatnya, banyak arsitek dan desainer kini menggunakan perangkat lunak yang sangat canggih untuk menghasilkan berbagai kemungkinan desain, lalu mengandalkan 'mata' mereka sendiri untuk mengevaluasi hasil-hasil tersebut.

Dengan demikian, kita dapat memandang 'desainer yang dibantu AI' sebagai sosok yang memadukan kemampuan untuk menghasilkan opsi dalam jumlah yang jauh lebih besar berfungsi layaknya 'generator' dalam model GAN (*Generative Adversarial Network*) dengan keterampilan kritis yang tajam berfungsi layaknya 'diskriminator' dalam GAN yang sama. Menjadi jelas bahwa 'desainer yang dibantu AI' merupakan model yang jauh lebih efektif dibandingkan desainer konvensional, dan kemungkinan besar akan menghasilkan karya desain yang lebih baik. Hasilnya, muncul jenis desainer baru. Dulu, desainer terbaik umumnya adalah mereka yang paling imajinatif, bukan mereka yang berperan sebagai kritikus yang mungkin memiliki daya kritis tajam namun imajinasi yang kurang subur. Namun, dengan hadirnya model difusi, keseimbangan ini bergeser. Kini, yang lebih diutamakan bukanlah imajinasi desainer, melainkan 'mata' seorang kritikus yang jeli. Kita bisa berspekulasi bahwa di masa depan, desainer akan semakin berperan sebagai penentu selera atau 'pemilah', sementara para kritikus dan kurator bahkan bisa beralih menjadi desainer aktif. Jika demikian, ini menunjukkan

bahwa di masa depan, AI tidak hanya akan memengaruhi proses desain, tetapi juga mengubah hakikat dari peran seorang desainer itu sendiri.

Kita juga bisa berspekulasi bahwa di masa depan, desain yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan (AI) kemungkinan akan disesuaikan dengan selera estetika pribadi kita masing-masing. Saat ini, belum ada mekanisme yang efektif untuk mengintegrasikan keputusan desain sebelumnya ke dalam proses perancangan. Namun, hal ini kemungkinan akan berubah. Kita bisa memperkirakan bahwa algoritma akan segera melacak dan mencatat setiap keputusan desain yang kita buat. Sama seperti ponsel kita yang mengetahui berita apa yang kita sukai, Spotify mengetahui musik pilihan kita, Pinterest mengetahui gambar yang kita minati, dan Amazon mengetahui jenis buku yang kita gemari; AI pun nantinya akan memahami dengan tepat desain seperti apa yang kita sukai, bahkan mungkin mendorong kita untuk lebih berani bereksperimen. Jelas bahwa di era AI, keseluruhan proses perancangan akan mengalami perubahan yang sangat mendasar. Apakah kita masih akan tetap menggunakan istilah "desain" dan "desainer"? Ataukah kita akan mengadopsi terminologi lain untuk mendeskripsikan bentuk praktik baru serta jenis praktisi baru yang muncul ini?

3.10 GENERASI VIDEO BERBASIS TEKS DAN PERKEMBANGANNYA DALAM DESAIN AI

Model teks-ke-video mulai muncul pada tahun 2022, namun mencapai terobosan yang mencengangkan dengan diumumkannya Sora dari OpenAI pada Februari 2024. Sora mampu menghasilkan video berdurasi hingga satu menit, dengan tetap setia pada perintah (*prompt*) awal serta mempertahankan kualitas visual yang tinggi. Pada dasarnya, Sora menggunakan logika yang sama dengan yang dikembangkan OpenAI untuk seri model bahasa besar (LLM) GPT mereka. Perbedaannya hanyalah penggunaan "potongan" (*patches*) visual, alih-alih "token" kata. Setiap bingkai (*frame*) dipecah menjadi potongan-potongan, serupa dengan cara kata-kata dipecah menjadi token dalam pelatihan LLM. Hal ini memberikan fleksibilitas untuk melatih model tersebut menggunakan beragam video dengan resolusi, orientasi, dan rasio aspek yang berbeda-beda. Sebagaimana dijelaskan oleh OpenAI, "Secara garis besar, kami mengubah video menjadi potongan-potongan dengan terlebih dahulu mengompresi video ke dalam ruang laten berdimensi lebih rendah, lalu menguraikan representasi tersebut menjadi potongan-potongan ruang-waktu (*spacetime patches*)."

Seperti LLM, Sora menunjukkan ‘kemampuan yang muncul’ (*emergent abilities*) yang luar biasa hal yang mungkin tidak mengherankan, mengingat model ini didasarkan pada logika yang sama. Mungkin yang paling menonjol adalah ‘pemahamannya’ mengenai bentuk 3D. Ini bukan berarti sistem tersebut bekerja sepenuhnya dalam ruang 3D setidaknya belum untuk saat ini. Namun, Sora mampu merender dunia 3D yang sedang bergerak, serta memiliki pemahaman tentang bagaimana berbagai elemen ‘terintegrasi’ dalam ruang 3D. ‘Kemampuan yang muncul’ lainnya yang tak kalah mengesankan adalah cara Sora menangani ‘oklusi’ (*occlusion*) situasi di mana suatu objek keluar dari bingkai atau tertutup untuk sementara, namun harus dimunculkan kembali setelahnya. Sora juga mampu mempertahankan bentuk objek dengan konsistensi yang luar biasa. Selain itu, model ini dapat memperpanjang durasi video yang ada, atau bahkan menghasilkan video dari sebuah gambar. Bahkan, sebuah video

dapat diperpanjang ke arah depan maupun belakang untuk menciptakan perulangan tanpa henti (*infinite loop*).

Penting untuk dicatat bahwa kemampuan-kemampuan ini muncul semata-mata sebagai konsekuensi dari besarnya jumlah data yang digunakan untuk melatih model tersebut. Sebagaimana dikemukakan oleh Mike Young, 'Sora tampak mengembangkan "pemahaman" 3D yang kuat terhadap suatu adegan, dengan karakter dan objek yang bergerak secara realistis dan berkelanjutan. Kemampuan ini muncul murni dari skala data, tanpa memerlukan pemodelan 3D eksplisit ataupun kode grafis apa pun.' Namun, bagi para arsitek, konversi dari gambar 2D ke 3D tetap menjadi tantangan nyata meskipun di bidang ini pula kita dapat mengharapkan adanya peningkatan yang signifikan. Di sinilah Sora menunjukkan potensi yang sangat menjanjikan. Sebagai contoh, kita dapat menggunakan perangkat lunak Wonder Dynamics untuk mengolah figur yang tertangkap dalam video buatan Sora, menjadikannya data *motion capture* lengkap dengan kerangka (*rig*) 3D yang utuh.

Meskipun pengumuman mengenai Sora sempat memicu kehebohan besar, OpenAI tidak langsung merilisnya ke publik. Penundaan ini yang mengingatkan kita pada langkah serupa saat perilisan DALL-E 2 telah membuka jalan bagi munculnya berbagai model luar biasa lainnya, seperti Runway Gen 3, Luma Dream Labs, dan Minimax dari Hailou. Menariknya, meskipun dirancang sebagai model yang mengubah teks menjadi video, masing-masing model tersebut terbukti sangat mahir dalam menghasilkan bentuk-bentuk arsitektural. Terlepas dari apakah model-model ini sebaik Sora atau tidak, mereka telah memanfaatkan penundaan tersebut untuk mengamankan posisi di pasar. Terlebih lagi, kini juga terlihat jelas bahwa pasar untuk model teks-ke-video tengah memanas.

3.11 PERKEMBANGAN GENERASI MODEL 3D BERBASIS AI

Langkah selanjutnya adalah beralih dari pembuatan citra 2D ke pembuatan bentuk 3D. Akan tetapi, hal ini masih sangat menantang; bukan hanya karena daya komputasi yang dibutuhkan akan sangat besar, melainkan juga karena belum tersedia perangkat untuk menangani kompleksitas dalam bekerja dengan jaringan saraf (*neural network*) dalam ruang 3D. Terlebih lagi, backpropagation tidak bekerja dengan baik dalam deep learning saat diterapkan pada dimensi 3D. Dua teknik yang paling populer untuk mendeskripsikan bentuk 3D adalah voxel dan point cloud. Model 3D dapat diubah menjadi bentuk voxel (*voxelisasi*) dan digunakan untuk melatih jaringan saraf tiruan agar dapat memahaminya. Akan tetapi, model berbasis voxel bisa berukuran sangat besar. Pilihan lainnya adalah menggunakan jaringan saraf konvolusional multi-pandangan (*multi-view convolutional neural network*) untuk menghasilkan pemahaman sintetis mengenai bentuk tersebut.

Pendekatan ini telah menunjukkan keberhasilan tertentu, meskipun masih terkendala oleh masalah mode collapse. Alternatif lainnya adalah penggunaan variational auto-encoder. Namun, resolusi yang dihasilkan tetap rendah. Selain itu, voxel tidak mampu membedakan antara ruang kosong dan ruang yang belum diketahui, serta tidak menyediakan informasi permukaan yang cukup halus untuk keperluan pemodelan. *Point cloud* (kumpulan titik) memiliki keunggulan dibandingkan voxel karena lebih efisien secara komputasi dan tidak

terlalu sensitif terhadap derau (*noise*) berkat sifatnya yang renggang (*sparse*) sehingga dapat digunakan dalam desain 3D berbasis kecerdasan buatan (AI).

Studi mengenai penggunaan pembelajaran mendalam tanpa pengawasan (*unsupervised deep learning*) untuk mempelajari titik dan fitur bentuk dalam *point cloud* telah memberikan hasil yang cukup baik. Pendekatan tanpa pengawasan ini terbukti mampu mencapai performa yang hampir setara dengan pendekatan yang menggunakan pengawasan (*supervised learning*). Akan tetapi, karena *point cloud* hanya terdiri dari sekumpulan titik, representasi ini tidak menyajikan permukaan dalam pengertian yang sebenarnya. Sementara itu, mesh objek memiliki keunggulan tertentu dibandingkan voxel maupun mesh pada umumnya; mesh objek lebih efisien secara komputasi daripada voxel dan menyajikan informasi visual yang lebih kaya dibandingkan mesh biasa. Akan tetapi, mesh 3D dapat menimbulkan masalah jika memiliki ukuran yang berbeda-beda, mengingat sebagian besar *rendering engine* tidak bersifat dapat diturunkan (*differentiable*).

Differential mesh renderer (perangkat lunak rendering mesh yang dapat diturunkan) telah menunjukkan potensi dalam pemrosesan 3D. Pada tahun 2020, PyTorch3D diluncurkan sebuah pustaka (*library*) sumber terbuka untuk pembelajaran 3D yang mengatasi berbagai kendala dengan menggunakan differential neural mesh renderer untuk menyintesis bentuk-bentuk 3D. PyTorch3D memungkinkan penyuntingan objek berdasarkan teknik DeepDream dan transfer gaya (*style transfe*r), meskipun teknik ini belum diadopsi dalam bidang arsitektur. Belakangan ini, muncul pula berbagai perangkat penghasil gambar 3D berbasis teks (*text-to-3D*), seperti Luma. Perangkat-perangkat ini tidak hanya dapat menghasilkan titik-titik (*points*), tetapi juga mesh, serta dapat digunakan untuk menangkap bentuk. Namun, kegunaannya masih terbatas karena beberapa alasan:

1. Belum tersedia cukup kumpulan data (*dataset*) yang spesifik untuk disiplin ilmu arsitektur.
2. Koherensi gambar 3D yang dihasilkan masih dalam tahap pengembangan.
3. Representasi akan selalu menjadi tantangan, karena transisi dari titik-titik menuju mesh atau permukaan merupakan proses yang sulit secara teknis.
4. Untuk saat ini, model-model tersebut masih terbatas pada pembuatan objek tunggal dan belum mampu menghasilkan kumpulan berbagai objek dalam lanskap yang lebih luas.

Meskipun demikian, kinerjanya terus ditingkatkan, dan kita dapat mengharapkan kemajuan yang signifikan dalam waktu dekat, terutama dengan diperkenalkannya metode 3D Gaussian splatting.

3.12 PENERAPAN AI DALAM DESAIN BERBASIS KINERJA

Namun, kecerdasan buatan (AI) tentu tidak terbatas pada aspek representasi saja. Faktanya, aspek yang berbasis data dan berorientasi pada kinerja kemungkinan besar akan menjadi ranah di mana AI memberikan dampak terbesar, khususnya dalam praktik arsitektur dan perancangan perkotaan. Pada skala perkotaan di mana perancangan yang didorong oleh data dan berlandaskan kinerja kian populer pertimbangan representasional justru hanya

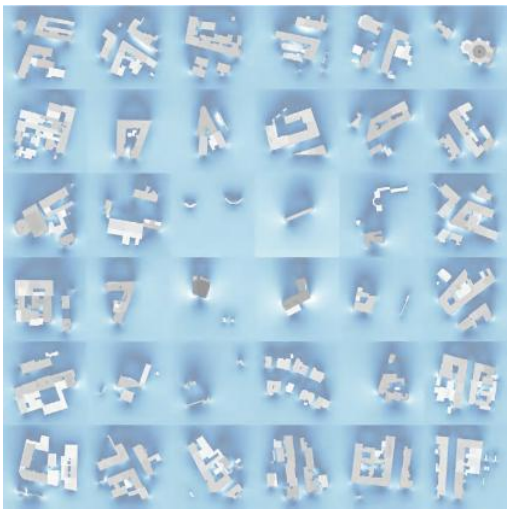
memegang peran minor. Fokus untuk meningkatkan kinerja material bangunan serta mengurangi emisi karbon kini menjadi prioritas utama; hal ini melampaui sekadar efisiensi ekonomi dan telah berkembang menjadi keharusan etis di tengah dunia yang menghadapi penyusutan sumber daya serta pemanasan global. Akibatnya, obsesi masa lalu terhadap bentuk demi bentuk itu sendiri telah digantikan oleh pendekatan yang lebih cerdas, di mana bentuk kini semakin ditentukan oleh pertimbangan kinerja. Kinerja, tentu saja, telah lama menjadi perhatian dalam bidang arsitektur dan perancangan perkotaan. Akan tetapi, dengan hadirnya sistem informasi canggih yang memanfaatkan data satelit dan penambangan data (*data mining*), kini tersedia lebih banyak peluang untuk memodelkan serta menguji kinerja rancangan dengan tingkat akurasi yang jauh lebih tinggi.

Salah satu bidang utama di mana kecerdasan buatan (AI) semakin banyak digunakan untuk desain berbasis kinerja adalah desain struktural. Dalam bidang ini, optimasi topologi sebuah teknik yang sudah mapan sejak era awal AI (GOFAI) kini semakin sering diterapkan dalam desain generatif. Contohnya adalah *Project Dreamcatcher*, sebuah sistem desain generatif yang dikembangkan oleh Autodesk. Sistem ini memungkinkan perancang untuk menghasilkan berbagai alternatif desain dengan menentukan tujuan dan Batasan seperti fungsi, material, kriteria kinerja, dan batasan biaya sehingga mereka dapat mempertimbangkan berbagai pendekatan serta mengeksplorasi solusi desain yang ada. Contoh lainnya adalah Ameba, sebuah teknologi optimasi struktural evolusioner dua arah (*bi-directional evolutionary structural optimisation*/BESO) yang dikembangkan oleh Mike Xie dari Xie Technologies. Selain itu, karena Grasshopper dan teknik desain algoritmik lainnya dianggap sebagai bentuk dasar dari AI, maka berbagai plug-in untuk Rhino dan Grasshopper seperti Rhinovault juga dapat dikategorikan sebagai bentuk AI.

Bidang utama lainnya di mana AI terbukti sangat efektif adalah dalam perancangan bangunan baru yang berkelanjutan secara lingkungan. AI juga dapat diterapkan untuk memantau dan mengendalikan penggunaan energi pada bangunan yang sudah ada, serta menangani berbagai aspek lingkungan lainnya, seperti kenyamanan termal, kenyamanan terhadap angin, tingkat pencahayaan, radiasi matahari, lalu lintas pejalan kaki, dan garis pandang (*sightlines*). Saat ini, pengendalian lingkungan dalam sebuah bangunan semakin sering dicapai melalui penggunaan "kembaran digital" (*digital twin*), yaitu model digital yang menyimulasikan kinerja suatu bangunan, baik yang masih dalam tahap perencanaan maupun yang sudah berdiri. Meskipun model digital sendiri sudah ada sejak lama, digital twin merupakan inovasi yang relatif baru. *Digital twin* adalah model digital yang terus diperbarui dengan informasi waktu nyata (*real-time*) yang diperoleh dari *Internet of Things* (IoT) maupun sensor langsung. Sebagaimana didefinisikan oleh Michael Batty, "Digital twin adalah cerminan dari proses fisik yang disusun berdampingan dengan proses tersebut, yang biasanya sangat akurat dalam merepresentasikan operasional proses fisik yang berlangsung secara *real-time*." *Digital twin* dapat digunakan untuk memeriksa kinerja di masa lalu, merespons kondisi saat ini secara *real-time*, serta memprediksi kinerja di masa depan. Sistem ini dapat beroperasi dalam berbagai skala, mulai dari skala bangunan di mana sistem ini dapat digunakan, misalnya, untuk

memodelkan perilaku penghuni hingga skala perkotaan, yang dapat dimanfaatkan untuk memantau dan mengendalikan arus lalu lintas, sebagaimana akan kita lihat nanti.

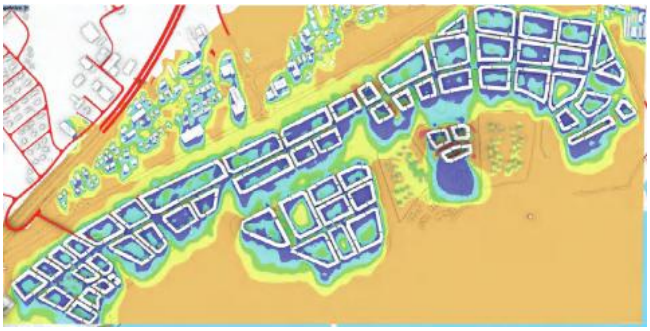
Dalam beberapa tahun terakhir, cakupan aplikasi yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI) maupun yang berbasis data AI telah berkembang pesat. Sebagai contoh, kita dapat menyebutkan maraknya perangkat desain generatif dan optimasi topologi, seperti ANSYS *Discovery* AIM, *Bentley Generative Components*, *Comsol Optimisation Module*, *Siemens Solid Edge Generative Design*, dan banyak lagi. Satu bidang yang belum sepenuhnya berkembang adalah penerapan pembelajaran mesin (*machine learning*) pada perangkat untuk sektor arsitektur, konstruksi, dan teknik (ACE). Namun, terdapat tanda-tanda perubahan; misalnya, *City Intelligence Lab* dari Austrian Institute of Technology telah mengembangkan sejumlah perangkat berbasis pembelajaran mesin, seperti daylightGAN, ArchElites, dan InFraRed. Meskipun lebih canggih dibandingkan sebagian besar model optimasi topologi, perangkat-perangkat ini tetap dapat diklasifikasikan sebagai 'model pengganti' (*surrogate models*).



Gambar 3.9 City Intelligence Lab, Studi Kenyamanan Angin InFraRed, Wina, Austria. InFraRed dalam penerapan: desain perkotaan berbasis inisiatif campuran (*mixed-initiative*) secara waktu nyata (*real-time*), yang didasarkan pada data kinerja terukur. Model yang telah dilatih sebelumnya diimplementasikan dalam perangkat lunak Grasshopper dan dipadukan dengan antarmuka intuitif, yang memungkinkan visualisasi keputusan perancang terhadap kinerja secara waktu nyata.

Pada tahun 2023, sebagai perkembangan signifikan lebih lanjut, *Infrared City* sebuah perusahaan pengembang perangkat lunak simulasi desain perkotaan yang tangguh lahir dari *City Intelligence Lab*. Perusahaan ini segera memperoleh pendanaan awal (*seed funding*) sebesar Rp 10 miliar dari Xista, sebuah perusahaan modal ventura yang berspesialisasi dalam aliansi strategis dengan perusahaan rintisan (*startup*) yang mengusung ide-ide teknologi mendalam (*deep tech*) mutakhir. Mengingat kecerdasan buatan (AI) dan keberlanjutan telah menjadi dua perhatian utama kita, mudah untuk memahami mengapa perusahaan rintisan semacam ini dapat berkembang pesat. Bahkan, sulit untuk membayangkan bidang apa pun yang tidak akan memanfaatkan AI di masa depan. AI niscaya akan memberikan kontribusi yang

signifikan terhadap budaya arsitektur. Teknologi ini akan memungkinkan kita untuk merancang dengan lebih efisien, menghasilkan ragam desain yang lebih luas, menguji desain melalui simulasi, serta mengendalikan kinerja bangunan setelah selesai dibangun.



Gambar 3.10 City Intelligence Lab, Studi Kenyamanan Angin InFraRed, Wina, Austria. InFraRed dalam praktiknya: desain perkotaan berbasis inisiatif campuran (*mixed-initiative*) secara waktu nyata (*real-time*), yang didasarkan pada data kinerja terukur. Model yang telah dilatih sebelumnya diterapkan dalam perangkat lunak Grasshopper dan dipadukan dengan antarmuka intuitif, yang memungkinkan visualisasi keputusan perancang terhadap kinerja secara waktu nyata.

3.13 KEMAMPUAN AI DALAM MEMPELAJARI PROSES PERANCANGAN

Salah satu aspek penting dari perkembangan model difusi yang perlu mendapat perhatian adalah potensi dan keterbatasannya dalam proses perancangan. Meskipun mampu menghasilkan gambar dengan kualitas visual yang mengesankan, teknologi ini belum sepenuhnya dapat menangani aspek-aspek yang berkaitan dengan kinerja suatu desain. Selain itu, kemampuannya juga masih terbatas pada representasi dua dimensi (2D) dan belum sepenuhnya mampu bekerja dalam lingkungan tiga dimensi (3D). Dalam konteks tersebut, model difusi masih memiliki keterbatasan karena lebih berfokus pada tampilan visual atau karakteristik permukaan suatu objek daripada aspek fungsional dan strukturalnya. Oleh karena itu, teknologi ini dapat dipandang sebagai tahap awal dari perkembangan berbagai perangkat kecerdasan buatan yang berpotensi menghadirkan kemampuan perancangan yang lebih kompleks pada masa mendatang. Meskipun demikian, terdapat kemampuan khusus pada model difusi yang memberikan gambaran menarik mengenai arah perkembangan AI dalam bidang desain.

Perkembangan model difusi berlangsung dengan sangat cepat. Kemampuannya kini tidak lagi terbatas pada menghasilkan bentuk-bentuk visual secara acak, tetapi telah menunjukkan kecenderungan untuk menghasilkan komposisi yang lebih terstruktur dan mengikuti prinsip-prinsip tertentu. Walaupun belum seluruh hasil yang dihasilkan memiliki kualitas yang memuaskan, sebagian di antaranya mampu memperlihatkan hasil desain yang sangat mengesankan. Seiring dengan kemajuan teknologi dan penyempurnaan model, kualitas serta konsistensi hasil tersebut diperkirakan akan terus meningkat. Hal yang menarik adalah kemampuan model difusi dalam menghasilkan rancangan berdasarkan instruksi (*prompt*) yang terkadang hanya memuat sedikit informasi mengenai prinsip desain yang harus diterapkan.

Meskipun pengguna dapat memberikan deskripsi yang panjang dan terperinci, instruksi tersebut sering kali hanya mencantumkan arahan umum, seperti "bangunan minimalis kontemporer", tanpa menjelaskan secara khusus bagaimana komposisi, bentuk, atau elemen arsitektural harus dirancang. Selebihnya, model difusi menentukan dan mengembangkan rancangan secara mandiri berdasarkan pola yang telah dipelajarinya dari data pelatihan. Kemampuan menghasilkan desain yang cukup kompleks hanya berdasarkan arahan sederhana inilah yang menjadikan teknologi tersebut begitu menarik.

Harari pernah mengemukakan bahwa kecerdasan buatan telah berhasil menembus sistem operasi manusia melalui bahasa. Gagasan tersebut kemudian dapat diperluas ke dalam bidang arsitektur dengan mempertanyakan apakah model difusi juga telah mampu memahami sistem dasar yang digunakan para arsitek dalam menghasilkan desain. Dengan kata lain, apakah teknologi ini telah mempelajari prinsip-prinsip perancangan arsitektur melalui pola dan informasi yang terkandung dalam data yang dipelajarinya? Pertanyaan tersebut bukanlah sesuatu yang sepenuhnya mustahil untuk dipertimbangkan. Hal ini dapat dikaitkan dengan kemampuan yang muncul secara spontan (*emergent capabilities*) pada model bahasa besar (*Large Language Models* atau LLM). Melalui proses pembelajaran terhadap kumpulan data bahasa dalam jumlah besar, LLM mampu mengenali hubungan antarkata, memahami konteks, serta menghasilkan susunan bahasa yang kreatif tanpa harus menerima instruksi khusus untuk setiap bentuk ekspresi yang dihasilkan.

Fenomena serupa dapat ditemukan dalam proses pembelajaran desain yang dilakukan oleh manusia. Seseorang tidak selalu mempelajari cara merancang melalui petunjuk teknis atau instruksi yang disampaikan secara langsung. Sebaliknya, kemampuan tersebut juga berkembang melalui proses pengamatan, pengalaman, dan keterlibatan secara berkelanjutan dalam lingkungan budaya arsitektur. Dengan memahami berbagai karya, pendekatan, dan praktik perancangan, seseorang secara bertahap menyerap pola serta prinsip desain yang kemudian digunakan dalam menghasilkan gagasan baru. Proses pembelajaran yang berlangsung secara alami dan bertahap, seolah-olah melalui mekanisme penyerapan pengetahuan (*osmosis*), memberikan gambaran mengenai bagaimana AI berpotensi mengembangkan kemampuan perancangan berdasarkan pola-pola yang dipelajarinya, meskipun tanpa instruksi eksplisit mengenai setiap tahapan desain.

‘Apakah AI Sedang Belajar Cara Merancang?’

Dan mungkinkah AI melangkah lebih jauh dari itu? Apakah kelak AI mampu melakukan hal yang sama untuk komposisi arsitektural 3D? Mungkinkah AI bahkan mampu menghasilkan segalanya mulai dari sistem mekanikal dan elektrikal, tata letak struktural, hingga estimasi biaya; singkatnya, setiap aspek perancangan sama seperti kemampuannya dalam menulis kode pemrograman dan menerjemahkan bahasa? Bagaimanapun kita melihatnya, jelas bahwa AI telah menjadi sangat mahir dalam menghasilkan komposisi arsitektural 2D yang meyakinkan bahkan beberapa di antaranya setara, atau mungkin justru lebih baik, daripada karya yang dihasilkan oleh arsitek. Apakah AI sedang belajar cara merancang?

BAB 4
KREATIVITAS AI, KEPENGARANGAN, DAN HAK CIPTA DALAM DUNIA SENI

Sebagai putri dari penyair Lord Byron, Ada Lovelace sangat akrab dengan dunia kreativitas. Ia mendeskripsikan *Analytical Engine* (Mesin Analitis) yang diusulkan oleh Charles Babbage dengan bahasa yang sangat puitis: "Mesin analitis menenun pola-pola aljabar, persis seperti alat tenun Jacquard yang menenun motif bunga dan dedaunan." Bahkan, Lovelace meyakini bahwa *Analytical Engine* kelak mampu menggubah musik. Ia mencatat, "Sebagai contoh, jika hubungan mendasar antara nada-nada dalam ilmu harmoni dan komposisi musik dapat dinyatakan dan diadaptasi ke dalam bentuk tersebut, maka mesin ini dapat menggubah karya musik yang rumit dan terstruktur secara ilmiah, dengan tingkat kompleksitas atau durasi apa pun."

Namun, Lovelace menambahkan bahwa *Analytical Engine* hanya dapat melakukan apa yang telah diprogram untuk ia lakukan: "*Analytical Engine* sama sekali tidak memiliki kemampuan untuk menciptakan sesuatu yang baru. Mesin ini hanya bisa melakukan apa pun yang kita perintahkan untuk ia kerjakan. Ia mampu mengikuti pemeriksaan, tetapi tidak memiliki kemampuan untuk mengantisipasi penemuan kebenaran analitis yang baru. Perannya adalah membantu kita memanfaatkan apa yang sudah kita ketahui." Maksudnya di sini adalah bahwa sebuah mesin, seperti *Analytical Engine*, tidak akan mampu menciptakan sesuatu yang orisinal. Kreativitas apa pun haruslah berasal dari sang pemrogram. Namun, benarkah demikian?

Turing mengawali artikelnya yang terkenal, "*Computing Machinery and Intelligence*" (Mesin Komputasi dan Kecerdasan), dengan pertanyaan: "Bisakah Mesin Berpikir?" Turing bahkan berspekulasi bahwa pada akhirnya, mesin akan mampu melakukan apa pun yang bisa dilakukan manusia, termasuk menulis soneta:

> Kita perlu memiliki pengalaman tertentu dengan mesin tersebut sebelum benar-benar memahami kemampuannya. Mungkin butuh waktu bertahun-tahun sampai kita terbiasa dengan berbagai kemungkinan baru ini, tetapi menurut saya, tidak ada alasan mengapa mesin tidak bisa merambah bidang apa pun yang biasanya digeluti oleh kecerdasan manusia, dan pada akhirnya bersaing secara setara. Saya rasa kita bahkan tidak bisa membuat batasan dalam hal penulisan soneta.

Akan tetapi, Turing yakin bahwa mesin dapat belajar. Jauh sebelum konsep pembelajaran mesin (*machine learning*) dipertimbangkan, Turing telah berspekulasi mengenai kemungkinan mesin untuk belajar. Ia dengan tepat menduga bahwa kita mungkin tidak mengetahui bagaimana proses tersebut terjadi: "Salah satu ciri penting dari mesin yang belajar adalah bahwa pengajarnya sering kali tidak memahami apa yang sebenarnya terjadi di dalam mesin tersebut." Memang, sebagaimana dicatat pula oleh Turing, mesin dapat menghasilkan sesuatu

yang mengejutkan: "Mesin sering kali membuat saya terkejut." Komputer juga mampu menciptakan sesuatu yang baru; seperti yang diamati oleh Richard dan Daniel Susskind, "Berlawanan dengan anggapan umum, mesin kini mampu menghasilkan keluaran baru yang sama sekali tidak terbayangkan oleh perancang manusia aslinya." Jelaslah bahwa komputer dapat belajar, berinovasi, bahkan mungkin menggubah soneta. Namun, mungkinkah mereka benar-benar kreatif? Konsensus umum cenderung menyatakan bahwa komputer tidak bisa benar-benar kreatif, dan kreativitas sering disebut sebagai salah satu bidang di mana kecerdasan buatan (AI) relatif lemah.

Kritik semacam ini sejalan dengan argumen Lovelace, yang menyatakan bahwa komputer hanya dapat melakukan apa yang telah diprogram untuk mereka lakukan; mereka tidak dapat menginisiasi apa pun. Akan tetapi, hal ini sangat bergantung pada bagaimana kita memahami kreativitas. Bisakah kita menyebut komputer kreatif, misalnya, jika ia tidak memiliki kesadaran dan bahkan tidak "menyadari" bahwa dirinya sedang bersikap kreatif? Terkait penciptaan karya seni, Melanie Mitchell melangkah lebih jauh dengan berpendapat bahwa kemampuan untuk mengapresiasi karya seni yang dihasilkan juga merupakan hal yang penting. AI setidaknya untuk saat ini belum mampu melakukan hal tersebut karena tidak memiliki kesadaran. Oleh karena itu, Mitchell tidak meyakini bahwa AI bisa menjadi kreatif. Tentu saja, jelas bahwa AI mampu menghasilkan keluaran yang baru. AI juga mampu mengenali pola dan mengekstrapolasi materi lebih lanjut berdasarkan pola-pola tersebut. Namun, mungkinkah AI juga menciptakan karya seni?

4.1 SENI DAN KREATIVITAS DALAM ERA AI

Terdapat perbandingan menarik antara penyokong seni tradisional dan perusahaan teknologi kontemporer. Di masa lalu, institusi seperti Gereja atau keluarga perbankan terkemuka seperti keluarga Medici di Florence, Italia mendukung dan mensponsori para seniman serta pematung, contohnya Michelangelo. Saat ini, peran tersebut justru semakin banyak diambil alih oleh perusahaan-perusahaan teknologi, seperti Amazon, Microsoft, Apple, dan Google. Peran ini tidak boleh dipandang sebelah mata. Baru-baru ini, Blaise Agüera y Arcas, seorang insinyur perangkat lunak yang menaruh minat pada penglihatan mesin (*machine vision*), membentuk sebuah kelompok di dalam Google yang disebut *Artists and Machine Intelligence* (AMI). Kelompok ini mengeksplorasi potensi penerapan kecerdasan mesin dalam ranah seni. Arcas melontarkan pertanyaan:

Apa hubungan antara seni dan teknologi? Apa itu kecerdasan mesin, dan seperti apa wujud, bunyi, serta nuansa dari "seni kecerdasan mesin"? Bagaimana hubungan yang muncul antara manusia dan mesin; apa artinya menjadi manusia; dan apa yang bisa kita pelajari tentang kecerdasan baik kecerdasan manusia maupun bentuk lainnya melalui seni? Bagaimana seharusnya kita memikirkan masa depan kita? Pada Februari 2016, Google AMI mengadakan pameran di San Francisco bekerja sama dengan *Gray Area Foundation*. Pameran tersebut menampilkan karya seni yang dihasilkan oleh DeepDream, dan kemungkinan besar merupakan pameran seni pertama yang dibuat oleh kecerdasan buatan (AI). Dalam pidato pembukaannya, Arcas menegaskan bahwa ini bukanlah eksperimen untuk melihat apakah DeepDream akan

diterima oleh komunitas seni. Ia memiliki keyakinan yang lebih kuat: "Kami percaya kecerdasan mesin merupakan inovasi yang akan memberikan dampak mendalam terhadap dunia seni." AI kini menjadi medium yang semakin populer di kalangan seniman, meskipun masih terdapat penolakan yang cukup signifikan dari lingkaran seni yang lebih konservatif.



Gambar 4.1 Obvious, Edmond de Belamy. Edmond de Belamy adalah karya seni pertama yang dihasilkan oleh AI yang dilelang di sebuah balai lelang besar.

Kemudian, pada tahun 2018, Edmond de Belamy sebuah karya potret yang dihasilkan oleh kolektif seni berbasis di Paris, Obvious, dengan menggunakan *Creative Adversarial Networks* (CAN) dilelang di Christie's dengan harga fantastis sebesar Rp 4.325.000.000. Angka ini hampir empat puluh lima kali lipat dari estimasi awal, menjadikannya karya seni pertama yang diciptakan oleh kecerdasan buatan (AI) yang terjual dalam sebuah lelang. Hal ini memicu kemarahan sejumlah pihak, bukan karena karya tersebut dihasilkan oleh AI, melainkan karena Obvious tidak menulis sendiri algoritma pelatihan maupun perangkat data (*dataset*) yang digunakan. Mereka hanya memodifikasi algoritma yang tersedia di situs web kursus terbuka, lalu memanfaatkan hasilnya.

Yang menarik, ditemukan bahwa manusia tidak mampu membedakan karya seni yang diciptakan oleh CAN dengan karya seni yang dibuat oleh seniman manusia. Dengan demikian, CAN tampaknya mampu lolos dalam Uji Turing (*Turing Test*). Namun, bukankah memang itulah tujuan dari GAN (*Generative Adversarial Networks*) itu sendiri? Jika niat dari komponen generator (seniman) dalam sebuah GAN adalah untuk menghasilkan gambar yang dianggap nyata oleh komponen discriminator (kritikus), bukankah itulah tepatnya yang dilakukan oleh CAN saat menciptakan karya seni? Pada dasarnya, Uji Turing terjadi setiap kali sebuah GAN dalam bentuk apa pun dijalankan. Jika Uji Turing bertujuan untuk mengecoh juri, maka GAN bertujuan untuk mengecoh kritikus seni. Mungkin satu-satunya perbedaan nyata antara Uji Turing dan GAN adalah bahwa GAN dapat belajar dari kesalahan dan meningkatkan kinerjanya hingga berhasil, sementara dalam Uji Turing, mesin tidak memiliki kesempatan untuk memperbaiki diri dan dinilai kembali.



Gambar 4.2 Mario Klingemann, *The Butcher's Son*. Ini adalah karya seni pertama yang dihasilkan oleh AI yang memenangkan penghargaan internasional bergengsi, yakni Lumen Prize pada tahun 2018.

Tonggak pencapaian lain terkait dampak AI terhadap dunia seni terjadi pada tahun yang sama, ketika Mario Klingemann dianugerahi Lumen Prize Gold Award untuk karyanya, The Butcher's Son, yang juga dihasilkan menggunakan GAN. Ini merupakan kali pertama penghargaan seni internasional bergengsi diberikan kepada karya seni yang diciptakan oleh mesin. Sebagaimana dituturkan oleh Klingemann:

> Gambar ini sepenuhnya dihasilkan oleh mesin menggunakan rangkaian GAN. Dalam rangkaian tersebut, figur garis (*stick-figure*) yang dibuat secara acak digunakan sebagai input untuk GAN pertama, yang kemudian menghasilkan citra awal (*proto-image*) beresolusi rendah dengan nuansa seperti lukisan. Melalui beberapa tahapan, citra beresolusi rendah tersebut diproses lebih lanjut ditingkatkan kualitas dan resolusinya oleh GAN lain, yang menambahkan detail serta tekstur. Saya mengendalikan proses ini secara tidak langsung dengan melatih model menggunakan kumpulan data (*dataset*) tertentu, mengatur hiperparameter model, dan akhirnya melalui pemilihan kuratorial memilih satu karya dari ribuan variasi yang dihasilkan oleh model tersebut yang paling berkesan bagi saya.

Pada tahun berikutnya, yakni 2019, pameran tunggal pertama untuk seni AI diselenggarakan di galeri HG Contemporary di Chelsea, New York. 'Seniman' di baliknya adalah Ahmed Elgammal, seorang ilmuwan komputer sekaligus pengembang CAN. Elgammal kini telah mendirikan laboratorium seni dan kecerdasan buatan miliknya sendiri untuk menciptakan karya seni melalui proses yang ia sebut sebagai AICAN. Tampaknya, para ilmuwan AI kini lebih piawai dalam memahami pasar dan bersedia memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh

penemuan mereka. Seperti yang diungkapkan oleh Bogost, 'Demam emas seni AI telah tiba.' Kontroversi yang serupa dengan insiden Edmond de Belamy terjadi pada 5 September 2022, ketika sebuah gambar berjudul Théâtre D'opéra Spatial yang dibuat oleh Jason Michael Allen menggunakan MidJourney memenangkan juara pertama dalam kategori "seni digital/fotografi yang dimanipulasi secara digital" di ajang *Colorado State Fair 2022*. Para seniman memprotes pemberian penghargaan tersebut kepada karya itu. Namun, jelas bahwa karya tersebut memenuhi ketentuan dalam kategori yang diikuti. Peraturan yang berlaku mengizinkan penggunaan "teknologi digital sebagai bagian dari proses kreatif atau presentasi".

4.2 KEPENGARANGAN, ORISINALITAS, DAN KENDALI DALAM SENI BERBASIS AI

Secara teknis, penggunaan kecerdasan buatan (AI) untuk menghasilkan karya seni dengan standar yang cukup tinggi hingga mampu memenangkan penghargaan seni bergengsi dan dilelang di rumah lelang terkemuka dunia tentu dimungkinkan. Di sisi lain, kehadiran karya seni yang dihasilkan oleh AI memunculkan sejumlah tantangan menarik bagi dunia seni. Masuknya AI ke dalam dunia seni ini mengingatkan kita pada penemuan fotografi. Dalam banyak aspek, tantangan yang diberikan fotografi terhadap seni Lukis beserta kegemparan yang ditimbulkannya menjadi paralel yang menarik dengan tantangan yang kini dihadirkan oleh AI terhadap dunia seni. Arcas menyoroti hal ini dan memprediksi bahwa akan ada pihak-pihak yang menolak kemungkinan AI dapat menghasilkan sesuatu yang layak disebut sebagai seni:

> Seiring berkembangnya kecerdasan mesin, kita bisa membayangkan bahwa beberapa seniman yang memanfaatkannya akan menghadapi kritik serupa dengan yang pernah ditujukan kepada para fotografer di masa awal. Kritikus yang kurang cermat mungkin menuduh mereka "berbuat curang" atau menyatakan bahwa karya seni yang dihasilkan melalui teknologi ini bukanlah "seni yang sesungguhnya". Kritikus lain yang lebih halus (namun tetap anti-teknologi) mungkin akan melabeli seluruh karya seni berbasis kecerdasan mesin sebagai kitsch (seni yang dianggap murahan atau norak). Sebagaimana karya seni dalam medium apa pun, sebagian memang akan menjadi kitsch kita bahkan sudah melihat contohnya tetapi sebagian lainnya akan tampil indah, provokatif, menakutkan, memikat, meresahkan, membuka wawasan, serta menghadirkan segala kualitas yang dimiliki oleh karya seni yang baik.

Hal ini memunculkan pertanyaan penting mengenai kepengarangan. Apakah pencipta karya seni yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan (AI) adalah senimannya, ataukah mesin yang telah diprogram tersebut? Klingemann menegaskan bahwa penciptanya tetaplah sang seniman:

> Jika Anda mendengar seseorang bermain piano, apakah Anda akan bertanya, "Apakah pianonya yang menjadi senimannya?" Tentu tidak. Begitu pula dalam kasus ini. Hanya karena mekanismenya rumit, peran masing-masing pihak tidak lantas berubah... Mesin tik memungkinkan seseorang untuk menulis buku. Nah, bagi saya, papan tik (*keyboard*) memungkinkan saya untuk menulis kode; kemudian, memang ada jaringan saraf tiruan

(*neural network*) yang terlibat bisa dibilang, itu adalah kuas yang saya pelajari cara penggunaannya.

Sejatinya, sejarah seni juga merupakan sejarah mengenai teknik-teknik baru dan teknologi-teknologi baru. Sama seperti penemuan perspektif yang mengubah cara seni diproduksi, perkembangan terkini dalam hal material dan teknologi pun turut mengubah cara seni berkembang. Merujuk pada karyanya yang berjudul *Memories of Passersby 1* sebuah karya berbasis AI yang terus-menerus menghasilkan potret orang-orang yang sebenarnya tidak ada Klingemann mengamati:



Gambar 4.3 Mario Klingemann, *Memories of Passersby 1*. Mario Klingemann melatih jaringan saraf tiruan menggunakan ribuan potret dari abad ke-17 hingga abad ke-19 untuk menghasilkan aliran potret yang tak berkesudahan dan terkesan ganjil.

Mesin yang saya ciptakan akan terus-menerus menghasilkan potret orang-orang yang tidak nyata. Hal ini dimungkinkan karena mesin tersebut menggunakan sekumpulan jaringan saraf tiruan dalam kasus ini, saya menggunakan potret-potret karya para maestro besar dari sejarah seni Eropa Barat. Mesin ini berada dalam sebuah siklus di mana ia terus menciptakan wajah-wajah baru yang perlahan berubah lalu memudar. Ia juga mengamati dirinya sendiri, menciptakan sebuah mekanisme umpan balik.

Namun, bukankah kita juga bisa mempertanyakan apakah proses memasukkan data berupa karya seni orang lain ke dalam mesin sebenarnya hanyalah bentuk reproduksi dari karya-karya tersebut? Pertanyaan ini lantas memicu perdebatan mengenai apa yang dimaksud dengan "orisinal". Apakah sebuah kolase dianggap sebagai salinan atau karya orisinal? Dan bukankah kita juga bisa bertanya apakah ada sesuatu yang benar-benar orisinal, mengingat budaya itu sendiri disebarkan melalui meme yang pada dasarnya merupakan bentuk penyalinan?

Dalam melatih mesin untuk menghasilkan karya seni, masalah krusial bagi Klingemann adalah kendali. Ia mengibaratkan proses melatih mesin seperti mendidik anak-anak. Kita bisa berusaha sebaik mungkin untuk melatih mereka, tetapi pada akhirnya, mereka berada di luar kendali kita:

> Ini bukan video yang telah dirender, bukan pula cetakan atau gambar yang telah dikurasi dan dipilih sebelumnya. Mesin ini bekerja secara langsung pada saat itu juga sebuah langkah yang berisiko, karena kita hanya memiliki gambaran terbatas mengenai apa yang mungkin ia hasilkan. Namun, pada akhirnya, selalu ada interaksi timbal balik antara saya sebagai seniman dengan medium serta material yang digunakan. Ini ibarat melepas seorang anak ke dunia luar; saya menaruh kepercayaan bahwa ia akan terus melakukan apa yang saya harapkan, meskipun saya tidak lagi duduk di sampingnya untuk melakukan perubahan apa pun. Jadi, ada momen yang cukup berat bagi saya untuk akhirnya berkata, "Sekarang, saya yakin sudah saatnya untuk melepaskan tangan saya dari papan tik dan membiarkan karya ini hadir di dunia luar."

Lantas, apakah Klingemann bertanggung jawab atas karya seni tersebut, atau ia telah melimpahkan seluruh tanggung jawab kepada mesin? Salah satu cara untuk menjawab pertanyaan ini adalah dengan merenungkan bagaimana para seniman selama ini berkarya. Bahkan, mungkin patut dipertanyakan apakah pelatihan standar di sekolah seni mana pun benar-benar berbeda. Setiap seniman lulusan sekolah seni telah dilatih—dididik—dalam sebuah sistem pendidikan yang, bisa dibilang, memberikan pengaruh lebih besar daripada yang ingin diakui oleh dunia seni yang selama ini dianggap menjunjung kebebasan berpikir. Apa bedanya hal ini dengan cara sebuah jaringan saraf tiruan (*neural network*) dilatih? Di sisi lain, bukankah kita juga bisa berargumen bahwa praktik ini tidak jauh berbeda dengan sistem atelier (studio seni) di masa lalu? Bagaimanapun, banyak seniman terkemuka yang melimpahkan sebagian besar pekerjaan mereka kepada para murid atau asisten, dengan harapan mereka menyelesaikannya sesuai dengan gaya sang maestro.

Hal ini juga tidak jauh berbeda dengan praktik arsitektur kontemporer, di mana sejumlah arsitek junior dan pekerja magang ditugaskan untuk menghasilkan desain yang mengikuti gaya khas firma tersebut. Sebagai contoh, Zaha Hadid menciptakan estetika yang sangat khas dan mudah dikenali, yang kini menjadi 'gaya' internal bagi *Zaha Hadid Architects* (ZHA). Mereka yang bekerja di ZHA harus berkarya dalam batasan estetika tersebut, meskipun Hadid sendiri telah tiada. Begitu pula, kita telah melihat bagaimana kecerdasan buatan (AI) dapat 'berhalusinasi' menciptakan desain baru yang menyerupai gaya ZHA, berdasarkan kumpulan data dari desain-desain ZHA sebelumnya. Lantas, apa bedanya dengan Klingemann dan 'anak-anak' (AI)-nya yang dilepas ke dunia untuk 'melukis' dengan cara yang sesuai dengan bagaimana mereka 'dilatih'?

4.3 TANTANGAN HUKUM HAK CIPTA DAN KEPEMILIKAN KARYA SENI BERBASIS AI

Jika fotografi sebagaimana dikemukakan oleh Walter Benjamin menantang aura sebuah karya seni, lantas apa yang ditantang oleh kecerdasan buatan (AI)? Masalah pada karya seni yang dihasilkan oleh AI mungkin bukan terletak pada hilangnya aura, melainkan pada potensi pelanggaran hak cipta. Hal ini disoroti melalui kasus potret Edmond de Bellamy. Siapa yang memegang hak cipta atas kode tersebut? Yang jelas, sebuah *Creative Adversarial Network* (CAN) tidak dapat dimintai pertanggungjawaban atas karya seni yang dihasilkan. CAN hanyalah medium yang digunakan untuk menciptakan karya seni tersebut; CAN tidak dapat

menghasilkan karya seni dengan sendirinya. Namun, siapa sebenarnya penciptanya? Persoalan mengenai atribusi hak cipta menjadi semakin rumit dengan adanya kasus terkini yang melibatkan karya seni buatan AI yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu *Théâtre D'opéra Spatial*. Pada September 2023, dewan peninjau hak cipta Amerika Serikat menolak untuk mendaftarkan hak cipta atas karya tersebut dengan alasan bahwa karya itu "bukan merupakan produk dari penciptaan manusia". Sebagaimana dapat diduga, keputusan ini menuai pertanyaan, mengingat selalu ada keterlibatan manusia yang cukup besar dalam proses pembuatan karya seni berbasis AI. Selain itu, tidak jelas apakah dewan peninjau tersebut benar-benar memahami seberapa besar kontribusi manusia yang diperlukan untuk menghasilkan karya seni semacam itu. Keputusan ini justru menambah kebingungan seputar hubungan antara AI dan hak cipta.

Hukum hak cipta hadir untuk melindungi pencipta dan memastikan tidak ada pihak lain yang dapat menjiplak suatu karya seni. Namun, masalahnya adalah hukum hak cipta belum disesuaikan untuk menangani perkembangan terkini di bidang kecerdasan buatan (AI). Selain itu, hukum ini sangat kompleks dan berbeda-beda di setiap negara. Kelompok seni Obvious beroperasi di Prancis, dan menurut hukum Prancis, komputer tidak dapat mengklaim hak cipta hak cipta hanya dapat dimiliki oleh manusia. Akan tetapi, cukup menarik bahwa menurut hukum Inggris, hak cipta berada di tangan "orang yang melakukan pengaturan yang diperlukan untuk penciptaan karya tersebut". Pandangan inilah yang dianut oleh Pierre Fautrel dari Obvious saat membela tindakan mereka: "Kami adalah pihak yang memutuskan untuk melakukan ini, yang memutuskan untuk mencetaknya di atas kanvas, menandatanganinya dengan rumus matematika, dan memasangnya dalam bingkai emas." Tentu saja, beberapa pakar hak cipta termasuk sejumlah ahli Hukum Kekayaan Intelektual tidak sepenuhnya yakin bahwa AI melanggar ketentuan hukum hak cipta.

Ini merupakan ranah yang relatif baru dalam Hukum Kekayaan Intelektual, dan banyak persoalan yang belum terselesaikan. Secara garis besar, masalah-masalah ini dapat dikategorikan menjadi isu yang berkaitan dengan data pelatihan (*training data*) dan isu yang berkaitan dengan hasil karya (*output*). Terkait isu mengenai data pelatihan, penulis sebuah artikel tentang AI generatif mencatat ada empat pertanyaan penting yang perlu dijawab:

1. Apakah pengumpulan data pihak ketiga untuk keperluan pelatihan melanggar hak cipta?
2. Seberapa sering model-model ini menyalin elemen secara langsung dari data pelatihan, dibandingkan dengan menciptakan karya yang benar-benar baru?
3. Meskipun model tidak menyalin secara langsung dari karya yang sudah ada, bagaimana gaya khas seorang seniman dapat dilindungi?

4. Mekanisme apa yang dapat digunakan untuk melindungi serta memberikan kompensasi kepada seniman yang karyanya digunakan dalam pelatihan model-model ini atau bahkan memungkinkan mereka untuk memilih untuk tidak disertakan (*opt out*) sembari tetap membuka ruang bagi kontribusi budaya baru yang dihasilkan oleh model AI generatif?

Tantangan dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan ini menjadi semakin berat karena diperlukan studi yang lebih mendalam di berbagai bidang yang cukup berbeda, seperti studi teknis mengenai cara kerja kecerdasan buatan (AI), studi sosiologis mengenai persepsi, serta studi hukum mengenai penerapan preseden terhadap bentuk-bentuk teknologi baru. Tentu saja, situasi ini menjadi jauh lebih rumit mengingat sistem hukum di setiap negara berbeda-beda. Sementara itu, terkait dengan hasil (*output*) yang dihasilkan, pertanyaan kuncinya adalah siapa yang dapat mengklaim kepemilikan secara hukum. Hal ini pun memunculkan pertanyaan-pertanyaan lanjutan:

1. Dapatkah pengembang sistem mengklaim kepemilikan melalui ketentuan penggunaan (*terms of use*)?
2. Dapatkah pengguna sistem mengklaim kepemilikan karena mereka telah berinteraksi dengan materi tersebut melalui cara yang kreatif dan bermakna?
3. Jika ya, seberapa besar pengaruh kreatif yang diperlukan?
4. Bagaimana jika sebagian besar data pelatihan (*training data*) muncul dalam hasil akhir secara tidak sengaja?

Pertanyaan-pertanyaan ini tidaklah sederhana. Menjawabnya secara komprehensif memerlukan tidak hanya studi teknis mengenai cara kerja model AI itu sendiri, tetapi juga studi sosiologis mengenai proses kreatif yang terlibat saat menggunakannya. Selain itu, belum jelas pula seberapa efektif upaya hukum yang ditempuh, terutama di Amerika Serikat, di mana biaya hukum bisa sangat mahal dan proses menunggu hingga kasus disidangkan di pengadilan bisa memakan waktu yang sangat lama. Akibatnya, ranah kecerdasan buatan (AI) dan hak cipta masih sangat tidak menentu. Satu-satunya hal yang dapat dipastikan adalah perlunya studi lebih lanjut, baik terkait isu-isu yang menyangkut data pelatihan maupun isu-isu yang berkaitan dengan hasil (*output*) yang dihasilkan.

4.4 HAK CIPTA, MIMESIS, DAN ORISINALITAS DALAM KARYA SENI BERBASIS AI

Kekhawatiran mengenai hak cipta kini menjadi isu sentral dalam ranah AI, namun masih terdapat banyak kebingungan seputar masalah ini. Banyak pihak termasuk kalangan intelektual seperti Noam Chomsky mengklaim bahwa AI telah memicu bentuk "plagiarisme berteknologi tinggi". Namun, benarkah demikian? Faktanya, terdapat kesalahpahaman mendasar yang menganggap bahwa AI melibatkan proses penyalinan. Anggapan ini meskipun jelas keliru ternyata masih cukup lazim ditemukan dalam dunia seni visual. Bahkan hingga saat ini, beberapa pengamat arsitektur pun masih terjebak dalam pemahaman yang sama.

Perlu ditegaskan bahwa AI tidak melakukan penyalinan. Siapa pun yang pernah mencoba mereproduksi karya orisinal menggunakan perangkat ini pasti tahu bahwa mustahil untuk menghasilkan replika yang persis sama. Sebagai contoh, sistem GAN (*Generative Adversarial Network*) akan mengekstrak fitur-fitur dan melakukan interpolasi berdasarkan data yang digunakan dalam proses pelatihannya. Sementara itu, model difusi justru secara eksplisit mencegah penyalinan dengan cara mengacaukan gambar yang sedang dihasilkan, lalu berupaya memperbaikinya kembali. Proses ini memungkinkan terciptanya variasi yang tak terbatas yang secara longgar didasarkan pada semacam "tata bahasa bentuk" (*shape*

grammar) yang diturunkan dari fitur-fitur dalam basis datanya tanpa pernah benar-benar mereplikasi proporsi, bentuk, tekstur, atau warna yang persis sama dengan gambar mana pun.

Jadi, alih-alih menyalin, model difusi bekerja melalui proses "mencari dan menyintesis". Contoh yang tepat adalah hasil dari perintah (*prompt*) "seorang astronaut menunggang kuda" sebuah karya yang sempat menarik perhatian luas pada masa awal kemunculan DALL-E 2. Mengingat hampir mustahil ada astronaut yang pernah terekam kamera sedang menunggang kuda sembari mengenakan pakaian antariksa, maka mereplikasi foto semacam itu tentu tidak mungkin dilakukan. Sebaliknya, DALL-E 2 menelusuri basis datanya untuk mencari informasi terkait astronaut dan kuda, lalu menggunakan data tersebut untuk menyintesis gambaran tentang seperti apa kira-kira sosok astronaut jika ia menunggang kuda. Sebaliknya, kita sebagai manusia memang melakukan peniruan. Hal ini sudah menjadi bagian inheren dari cara kita beroperasi. Bagaimanapun, terlepas dari klaim kita mengenai orisinalitas, kita sering kali mengandalkan peniruan untuk menguasai keterampilan dan bahasa baru termasuk bahasa arsitektural. Dalam konteks ini, kita bisa memikirkan tentang meme, ungkapan khas, mode, dan tren yang menyebar secara horizontal, seolah-olah melalui semacam penularan.

Sebagaimana dikemukakan oleh Theodor Adorno, "Manusia terikat dengan peniruan: seseorang menjadi manusia justru dengan meniru manusia lainnya." Di sini, Adorno merujuk pada prinsip mimesis peniruan kreatif yang menjadi inti dari kebudayaan manusia yang menjelaskan bagaimana kita mempelajari bahasa, bahkan bagaimana cara merancang sesuatu. ‘Mimesis merupakan salah satu bentuk adaptasi. Kita dapat melihat proses ini terjadi ketika pemilik mengadopsi karakteristik hewan peliharaannya, dan sebaliknya, hewan peliharaan mengadopsi karakteristik pemiliknya. Kita juga bisa melihatnya saat seorang anak belajar berbicara dan beradaptasi dengan dunia. Faktanya, contoh seorang anak yang “tumbuh ke dalam” bahasa adalah ilustrasi terbaik mengenai cara kerja mimesis. Anak tersebut “menyerap” bahasa eksternal melalui proses peniruan, lalu menggunakannya secara kreatif untuk tujuannya sendiri.’

Peniruan kreatif ini mungkin dapat dipahami sebagai bentuk emulasi sejenis pemodelan yang tidak kaku. Bukankah dalam perkataan dan tindakan, kita sering meniru sosok panutan, berdasarkan bayangan kita tentang bagaimana mereka akan berbicara atau bertindak dalam situasi serupa? Jika demikian, hal ini mungkin tidak jauh berbeda dengan cara kerja LLM (model bahasa besar), yang memanfaatkan basis data raksasa berisi contoh-contoh berbasis konteks untuk memberikan saran mengenai apa yang sebaiknya dikatakan atau dilakukan. Meskipun demikian, bahkan jika AI tidak benar-benar melakukan penyalinan, tetap diperlukan panduan dan klarifikasi terkait masalah hak cipta.



Gambar 4.4 Sofia Crespo, Realisation. Di sini, Sofia Crespo menggunakan jaringan saraf tiruan untuk mengekstrak pola dan fitur dari sistem alami.

Lebih jauh lagi, secara umum, diperlukan kerangka regulasi yang matang untuk menangani tidak hanya masalah hukum terkait pertanggungjawaban, kepengarangan, dan kekayaan intelektual, tetapi juga masalah etika yang berkaitan dengan bias serta privasi data.

4.5 KREATIVITAS AI DAN HAKIKAT KREATIVITAS MANUSIA

Bisakah kecerdasan buatan (AI) dianggap benar-benar 'kreatif'? Memo Akten berpendapat demikian: 'Dengan mengatakan bahwa mesin bisa menjadi kreatif, Anda tidak sedang mengantropomorfisasi (memberikan sifat manusia pada) mesin tersebut, melainkan membebaskannya dengan memperluas istilah "kreativitas" agar melampaui batasan manusia. Kreativitas tidak terbatas pada manusia saja. Saya sendiri adalah mesin biologis. Manusia bisa menciptakan seni. Mengapa mesin tidak bisa?' Namun, bukankah ada risiko di sini entah itu menteknologisasi manusia, atau meskipun Akten menyangkalnya mengantropomorfisasi teknologi, atau bahkan keduanya? Tentu saja, Boden tidak begitu yakin: 'Apakah komputer bisa benar-benar "kreatif" bukanlah pertanyaan ilmiah, melainkan pertanyaan filosofis. Dan saat ini, pertanyaan tersebut belum bisa dijawab karena melibatkan beberapa persoalan filosofis yang sangat kontroversial dan sangat tidak jelas.'

Isu mengenai kreativitas adalah persoalan yang sangat kompleks bahkan, sebagaimana diamati oleh Anil Seth, jauh lebih rumit daripada masalah kesadaran yang pelik itu sendiri. Namun, meskipun kita belum berada dalam posisi untuk mendefinisikan ulang kreativitas secara bermakna, kita tetap bisa mengajukan pertanyaan-pertanyaan provokatif yang menantang asumsi-asumsi lama tentang kreativitas. Jangan lupa pula bahwa 'kreativitas' adalah istilah yang relatif baru; kemungkinan besar istilah ini diperkenalkan oleh Alfred North Whitehead pada tahun 1929. Sebagai contoh, salah satu pertanyaan kunci yang muncul dari pertandingan antara AlphaGo dan Lee Sedol mungkin bukan apakah AI bisa dianggap kreatif, melainkan apakah manusia bahkan mampu mengenali 'kreativitas' yang dimiliki oleh AI.

Tampaknya, mesin bisa mencapai tingkat 'kreativitas' yang jauh melampaui 'kreativitas manusia', sama seperti seekor anjing yang mampu menangkap rentang suara dan bau yang jauh melampaui kemampuan manusia.

Hal ini mengingatkan kita pada prinsip menarik yang sering disebut sebagai 'Efek Dunning-Kruger' bahwa orang yang kurang cerdas tidak menyadari betapa kurang cerdasnya mereka. Kita bahkan bisa memperluas prinsip ini dengan menyimpulkan bahwa orang yang cerdas pun tidak menyadari betapa tidak cerdasnya mereka, atau mungkin lebih tepat dalam konteks ini orang yang kreatif tidak menyadari betapa tidak kreatifnya mereka. Sederhananya, ada tingkat-tingkat 'kreativitas' yang sama sekali tidak bisa kita pahami. Dengan kata lain, 'kreativitas' tidaklah berarti apa-apa jika kita tidak mengenalinya. Salah satu cara untuk merenungkan lebih dalam mengenai isu penting ini adalah dengan meninjau kembali komentar Lee tentang AlphaGo yang dikutip di atas: 'AlphaGo menunjukkan kepada kita bahwa langkah-langkah yang mungkin dianggap (penekanan dari penulis) oleh manusia sebagai sesuatu yang kreatif, sebenarnya hanyalah langkah yang konvensional.' Kata kunci di sini adalah 'dianggap'. Dengan kata lain, Lee menyiratkan bahwa kreativitas hanyalah persoalan kreativitas yang dipersepsikan.

Menjadi jelas bahwa pemahaman kita tentang kreativitas bersifat agak subjektif. Boden sendiri telah mencoba mendefinisikan kreativitas ke dalam tiga jenis strategi atau metode: 'kombinatorial', 'eksploratif', dan 'transformasional'. Namun, dapatkah kreativitas diperlakukan dengan cara yang begitu reduksionis? Bukankah kreativitas sebaiknya dipahami sebagai kepekaan menyeluruh yang meresap ke dalam perilaku seorang individu kreatif, dan diekspresikan melalui berbagai cara? Tidakkah individu kreatif akan mengekspresikan kreativitas mereka dalam setiap aspek kehidupan mereka mulai dari cara berpakaian dan berperilaku, hingga karya nyata yang mereka hasilkan? Selain itu, kita mungkin tidak akan pernah bisa sepenuhnya memahami hakikat proses kreatif karena, sebagaimana dikemukakan oleh Arthur Miller, sebagian besar proses tersebut berada dalam ranah ketidaksadaran. Bahkan, menurut Freud, fantasi dapat diekspresikan dalam bentuk yang disublimasikan melalui tindakan kreatif. Oleh karena itu, individu kreatif mungkin tidak menyadari apa yang sebenarnya memengaruhi proses kreatif mereka.

Sementara itu, Demis Hassabis mencoba menguraikan tiga 'tingkatan' kreativitas 'intensif', 'ekstensif', dan 'penemuan' (*invention*) yang sesungguhnya. Namun, sekali lagi, dapatkah kreativitas dinilai dengan cara yang begitu objektif? Siapa yang berwenang untuk menilai kreativitas? François Pachet, misalnya, berpendapat bahwa tidak masuk akal untuk mendefinisikan kreativitas secara objektif, karena kreativitas hanya dapat dipahami secara subjektif. Bagaimana jika suatu tindakan kreatif tidak langsung dikenali? Dan bagaimana kita menilai kreativitas dari 'langkah ke-37' (*move 37*), jika kreativitas langkah tersebut baru disadari di kemudian hari? Tentu saja, seperti yang dicatat oleh Arthur Miller, sulit untuk merumuskan deskripsi kreativitas yang jelas dan objektif, mengingat kreativitas beberapa seniman seperti Vincent van Gogh bahkan tidak diakui semasa hidup mereka.

Apakah kreativitas mirip dengan keindahan mengingat kedua konsep tersebut sempat disinggung oleh para komentator dalam pertandingan AlphaGo? David Hume, misalnya,

meyakini bahwa keindahan sangatlah subjektif: "Keindahan bukanlah kualitas yang melekat pada benda itu sendiri; keindahan hanya ada dalam benak orang yang merenungkannya, dan setiap benak menangkap keindahan yang berbeda." Bukankah kreativitas seperti halnya keindahan juga bisa bergantung pada sudut pandang pengamatnya? Dan mungkinkah kreativitas juga bersemayam di dalam benak individu yang kreatif itu sendiri? Sebagaimana dikemukakan oleh Boden, tidak ada sesuatu yang ajaib dalam kreativitas. Namun, bukankah 'kreativitas' bisa dipandang dengan cara yang serupa dengan sihir? Sebagai contoh, bukankah kita bisa berargumen bahwa sihir itu sebenarnya tidak ada? Para pesulap tidak benar-benar melakukan sihir; mereka hanya menyembunyikan proses yang sebenarnya terjadi, sehingga penonton menganggapnya sebagai sihir. Begitu pula dengan teknologi teknologi bukanlah sesuatu yang ajaib. 'Seperti trik pesulap yang menyembunyikan perangkat atau metode yang sebenarnya digunakan sehingga menipu penonton agar menganggapnya sebagai sihir teknologi, dengan cara menyamarkan dirinya, membuat kita percaya pada potensi ajaib yang dimilikinya.'

Namun, bukankah ada risiko saat berhadapan dengan teknologi canggih (yang cara kerjanya mungkin tidak sepenuhnya kita pahami) untuk keliru menganggapnya sebagai sihir? Di sini saya merujuk pada kutipan terkenal dari Arthur C. Clarke: 'Setiap teknologi yang cukup canggih tidak dapat dibedakan dari sihir.' Hal ini berkaitan dengan kutipan lain yang sering dikaitkan dengan Clarke meskipun hanya ada sedikit bukti yang mendukung atribusi tersebut yaitu: 'Sihir hanyalah sains yang belum kita pahami.' Di sini terdapat tiga proposisi:

1. Tidak ada sesuatu yang ajaib dalam kreativitas.
2. Tidak ada sesuatu yang ajaib dalam sihir.
3. Tidak ada sesuatu yang ajaib dalam teknologi.

Namun, bukankah kita bisa membawa analogi ini lebih jauh lagi? Jika tidak ada sesuatu yang 'ajaib' dalam sihir, apakah ada sesuatu yang 'kreatif' dalam kreativitas? Apakah kreativitas, dengan demikian, tidak lebih dari sekadar tampilan kreativitas, sama seperti sihir yang hanyalah tampilan dari sihir itu sendiri? Apakah 'kreativitas' sekadar istilah praktis untuk menggambarkan proses 'pencarian dan sintesis' mirip dengan cara kerja kecerdasan buatan (AI) sebuah proses yang tidak sepenuhnya kita pahami, padahal sebenarnya cukup sederhana? Bisakah kita bahkan mengatakan bahwa istilah 'kreativitas' merupakan bentuk mistifikasi? Dan bisakah kita setuju dengan mereka yang menyatakan bahwa gagasan tentang kreativitas itu sendiri hanyalah sebuah mitos? Mungkinkah kreativitas itu sebenarnya tidak ada sama sekali?

4.6 AI SEBAGAI PROSTESIS KREATIVITAS MANUSIA

Apakah penting bahwa istilah 'kreativitas' tetap begitu samar dan mustahil untuk didefinisikan? Bagaimanapun, kita tetap menggunakan istilah tersebut dan kita menggunakannya dengan pemahaman tertentu sama seperti kita tetap menggunakan kata 'magis', meskipun banyak orang berpendapat bahwa sihir sebenarnya tidak ada. Dengan kata lain, 'kreativitas' digunakan sebagai gaya bahasa; istilah ini dipakai secara tidak harfiah untuk mencapai efek retoris. Demikian pula, apakah penting apakah AI dapat dianggap benar-benar kreatif? Bagaimanapun, AI tidak bertindak secara otonom setidaknya untuk saat ini. AI selalu

terintegrasi ke dalam sebuah siklus yang melibatkan manusia. Pada akhirnya, kita sebagai manusialah yang tetap menggerakkan proses 'kreatif' tersebut, meskipun kita mengandalkan masukan dari AI. Dalam menciptakan karya seni dan desain, kita selalu bergantung pada berbagai alat mulai dari pena hingga kuas yang berfungsi sebagai semacam prostesis (alat bantu). AI pun tidak berbeda, meskipun ia merupakan alat yang bersifat generatif.

Dilihat dari sudut pandang ini, kita dapat memahami AI sebagai prostesis bagi 'kreativitas' manusia. Bahkan, saat Kasparov dikalahkan oleh Deep Blue, ia sebenarnya tidak dikalahkan oleh mesin semata, melainkan menurut pandangannya oleh mesin yang dikembangkan oleh manusia. Jadi, meskipun ada yang mungkin menafsirkan kekalahannya dari Deep Blue sebagai salah satu peristiwa awal dari serangkaian pengalaman memalukan bagi umat manusia di tangan AI, Kasparov sendiri justru memandang momen tersebut sebagai sebuah kemenangan bagi manusia. Dalam bukunya, Deep Thinking, ia mengamati:

> Saya menegaskan bahwa kekalahan saya dari Deep Blue juga merupakan kemenangan bagi manusia bagi para penciptanya dan siapa pun yang memperoleh manfaat dari lompatan teknologi kita. Artinya, bagi semua orang. Dalam gambaran besarnya, memang selalu demikianlah keadaannya; itulah sebabnya buku ini menolak narasi persaingan antara 'manusia melawan mesin'. Bagaimanapun, mesin-mesin itu bekerja untuk kita. Dengan demikian, seseorang yang benar-benar 'kreatif' kemungkinan besar tidak akan tergeser oleh mesin. Sebaliknya, orang tersebut justru akan memandang mesin sebagai alat bantu bagi imajinasinya semacam prosthesis yang dapat menghasilkan karya yang jauh lebih 'kreatif' lagi.

'Dapatkah AI membantu kita memahami kreativitas manusia?' Berulang kali, perdebatan mengenai AI kembali pada persoalan kreativitas bukan sekadar kreativitas AI, melainkan juga kreativitas manusia. Sebagaimana diungkapkan oleh Alastair Wilkins, 'Garry Kasparov tidak percaya bahwa mesin hadir untuk menggantikan kita. Mesin justru akan menunjukkan kepada kita siapa diri kita sebenarnya. Apakah AI dapat membantu kita memahami kreativitas manusia? Boden meyakini hal tersebut, 'Berkat AI, kita mulai memahami seperti apa sebenarnya fenomena kreativitas itu.'

BAB 5
IMAJINASI, PERSEPSI, DAN KOLABORASI MANUSIA-AI DALAM ARSITEKTUR

Film Blade Runner, yang disutradarai oleh Ridley Scott, menggambarkan dunia masa depan distopia yang melibatkan 'replikan' robot hasil rekayasa hayati yang diproduksi oleh Tyrrell Corporation. Replikan ini dirancang dengan kemampuan manusia super agar mampu bertahan hidup dalam kondisi ekstrem di koloni-koloni luar bumi. Oleh karena itu, replikan dianggap berpotensi berbahaya; sebagai langkah pengamanan, masa hidup mereka dibatasi hanya selama empat tahun. Dalam film tersebut, sekelompok yang terdiri dari enam replikan kembali ke Bumi dengan harapan dapat memperpanjang usia mereka. Rick Deckard, yang diperankan oleh Harrison Ford, adalah seorang *'blade runner'* semacam polisi sekaligus pemburu bayaran yang ditugaskan untuk melacak dan 'memensiunkan' (membunuh) para replikan tersebut. Masalahnya, replikan terutama model Nexus 7 yang canggih tampak hampir identik dengan manusia. Satu-satunya cara untuk membedakan mereka adalah melalui tes rumit bernama 'Voight-Kampff', yang dirancang untuk memeriksa apakah respons emosional dan refleks mata mereka memenuhi standar manusia.

Jika kita melihat masa kini tidak lama setelah tahun 2019, tahun yang menjadi latar waktu dalam Blade Runner menarik untuk merenungkan betapa visionernya film tersebut. Meskipun kita tidak memiliki replikan yang menyusup ke dalam masyarakat, kita kini dikelilingi oleh asisten pribadi berbasis AI seperti Siri, Alexa, dan Google Assistant yang telah merambah kehidupan sehari-hari kita. AI juga berperan dalam menyaring surel sampah (*spam*) serta menjalankan berbagai tugas lain di ponsel kita. Kita mungkin belum memiliki mobil terbang, tetapi kita sudah memiliki kereta maglev, drone, dan kendaraan otonom (mobil yang bisa mengemudi sendiri). Meski tidak ada Tyrrell Corporation, dunia korporasi saat ini didominasi oleh perusahaan-perusahaan berteknologi tinggi seperti Google, Amazon, Apple, dan Microsoft. Selain itu, seperti yang diprediksi dalam Blade Runner, kita kini benar-benar berkomunikasi dengan komputer kita, dan iklan berbasis LED pun menghiasi berbagai bangunan, terutama di kota-kota besar seperti Shanghai. Jelas sekali bahwa Blade Runner terbukti sangat visioner.

Meskipun replikan tidak serta-merta dikendalikan oleh kecerdasan buatan (AI), mereka jelas merupakan bentuk kehidupan artifisial yang dibekali dengan semacam ‘kecerdasan’. Terdapat pula paralel lainnya. Kemenangan Batty atas Eldon Tyrrell, CEO Tyrrell Corporation, dalam permainan catur di film Blade Runner menjadi pertanda bagi kemenangan DeepBlue atas Kasparov pada tahun 1997. Selain itu, peran tes ‘Voight-Kampff’ dalam mendeteksi replikan mencerminkan penggunaan Tes Turing untuk menentukan seberapa meyakinkan suatu AI sama halnya dengan discriminator dalam *Generative Adversarial Network* (GAN) yang menentukan seberapa meyakinkan keluaran dari generator. Dengan demikian, replikan

menjadi sarana yang produktif untuk membahas topik AI, khususnya dalam konteks perdebatan mengenai kecerdasan manusia.

Blade Runner diadaptasi dari novel karya Philip K. Dick yang berjudul *Do Androids Dream of Electric Sheep?* Karya ini memunculkan pertanyaan provokatif: mungkinkah AI bermimpi? Tema mimpi memang hadir di sepanjang Blade Runner. Melalui judul tersebut, sang penulis mengangkat pertanyaan penting mengenai potensi android atau robot untuk 'bermimpi'. Tema mimpi ini bahkan terus berlanjut di kedua film Blade Runner. Dalam Blade Runner, Deckard bermimpi tentang seekor unicorn, sementara dalam sekuelnya, Blade Runner 2049, Anna Stelline yang ternyata merupakan putri dari Deckard dan kekasihnya, Rachael dikisahkan sebagai perancang mimpi bagi para replikan. Karena replikan tidak lahir dan dibesarkan layaknya manusia, mereka perlu diberi mimpi, sama seperti mereka perlu diberi ingatan.

5.1 KREATIVITAS AI DAN PENEMUAN BENTUK BARU DALAM ARSITEKTUR

Makoto Sei Watanabe, seorang arsitek komputasional dan pakar AI asal Jepang, telah mengeksplorasi potensi AI dalam bidang arsitektur sejak tahun 1994. Namun, setelah melakukan serangkaian studi, Watanabe merasa cukup frustrasi. Ia menyadari bahwa meskipun manusia memiliki keterbatasan, mesin justru memiliki keterbatasan yang jauh lebih besar. Watanabe menyimpulkan bahwa komputer tidak bisa 'bermimpi': 'Mesin lebih unggul daripada manusia dalam memecahkan masalah kompleks yang melibatkan banyak kondisi yang saling terkait. Dalam ranah tersebut, manusia tidak mampu menandingi mesin. Namun, hanya manusialah yang mampu menciptakan citra yang belum pernah ada sebelumnya. Mesin tidak memiliki mimpi.'

Namun, dari bidang pembelajaran mendalam (*deep learning*), kita tahu bahwa kecerdasan buatan (AI) sangat mampu menghasilkan citra objek yang belum ada. Bagaimanapun, inilah prinsip di balik situs web berbasis *deep learning*, '*This Person Does Not Exist*' (Orang Ini Tidak Ada). Jadi, dalam tingkat yang paling mendasar, pandangan Watanabe tampaknya keliru. Jelas sekali bahwa komputer dapat menghasilkan citra atau citra objek yang belum ada. Akan tetapi, apakah ada sesuatu yang benar-benar baru? Ambil contoh langkah ke-37 yang sangat inovatif dari AlphaGo. Bisa dikatakan bahwa kemungkinan langkah tersebut sebenarnya sudah ada sejak awal; hanya saja, belum pernah ada manusia yang menemukannya sebelumnya. Atau, perhatikan contoh penisilin. Apakah penisilin benar-benar 'diciptakan', atau apakah zat tersebut memang sudah ada di sana dan hanya ditemukan oleh manusia? Prinsip yang sama berlaku dalam arsitektur.

Gagasan bahwa mungkin terdapat suatu bentuk yang 'belum ada' merupakan hal yang patut diperdebatkan. Menurut Kostas Terzidis, misalnya, hal utama yang ditunjukkan oleh AI adalah bahwa setiap bentuk yang mungkin sudah ada di luar sana, dan kita hanya perlu mencarinya. Berdasarkan logika ini, anggapan bahwa arsitek adalah pencipta jenius yang terus-menerus 'mengimajinasikan' bentuk-bentuk baru jelas tidak masuk akal, karena menciptakan bentuk yang belum ada sama sekali adalah hal yang mustahil. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa ketika kita merancang sesuatu yang baru, kita sebenarnya tidak menciptakan

apa pun, melainkan sekadar menemukan sesuatu yang potensinya memang sudah ada sejak awal.



Gambar 5.1 Refik Anadol, WDCH Dreams. Anadol beserta timnya menggunakan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk menghasilkan visualisasi layaknya halusinasi yang diproyeksikan ke bagian luar Walt Disney Concert Hall.

5.2 AI DALAM EKSPLORASI IMAJINASI ARSITEKTURAL

Salah satu tokoh penting dalam memperkenalkan kecerdasan buatan (AI) ke ranah arsitektur adalah Refik Anadol. Perlu diperjelas, Anadol bukanlah seorang arsitek. Ia adalah seniman media sering disebut sebagai 'seniman AI' atau 'pemahat data' yang menggunakan AI untuk menciptakan citra dan video yang menyerupai halusinasi. Meski demikian, banyak karyanya yang mengangkat tema arsitektur. Ia tidak hanya menggunakan citra arsitektural sebagai data mentah, tetapi juga sering memproyeksikan karyanya ke atas bangunan. Jika Christo dan Jeanne-Claude dikenal karena membungkus bangunan dan objek lainnya, Anadol dikenal karena memproyeksikan citra ke permukaan bangunan. Bagi Anadol, bangunan adalah kanvas sekaligus material artistiknya.

Anadol tumbuh besar di Istanbul, Turki. Saat berusia delapan tahun, ia menerima kaset video film Blade Runner dari ibunya. Hadiah tersebut memberikan kesan yang mendalam baginya: "Saya ingat betul betapa terpukaunya saya oleh visi arsitektural Los Angeles yang memukau, sebuah tempat yang belum pernah saya lihat sebelumnya. Visi itu kemudian menjadi bagian tak terpisahkan dari lamunan saya sehari-hari." Ketika Anadol pindah ke Los Angeles pada tahun 2012 untuk menempuh studi di Departemen Seni Media Desain (*Department of Design Media Arts*) di UCLA, ia berharap dapat menjumpai kota seperti dalam Blade Runner. Namun, kenyataan yang ia temui jauh dari harapannya. Ia tidak menemukan kota berteknologi tinggi dengan mobil terbang dan megastruktur masif seperti kantor pusat Tyrell Corporation. Jika merujuk pada pernyataan Rem Koolhaas bahwa "kota adalah hamparan aspal dengan beberapa titik intensitas yang membara," maka Los Angeles hanyalah hamparan aspal luas yang didominasi kawasan pinggiran kota; hampir tidak ada bagian lain selain pusat kotanya yang bisa disebut sebagai titik intensitas yang membara. Meski begitu, ada satu bangunan yang tidak pernah mengecewakannya, yaitu *Walt Disney Concert Hall*

(WDCH) karya arsitek idolanya, Frank Gehry. Bangunan itu tampak aneh dan gelap saat pertama kali ia melihatnya di dini hari dalam kondisi tanpa penerangan sama sekali:

> Saat pertama kali pindah ke L.A., bangunan pertama yang saya temui adalah *Walt Disney Concert Hall*, tempat bernaungnya L.A. Philharmonic. Karena tiba di L.A. pada pukul 2:15 dini hari, alih-alih melihat *Walt Disney Concert Hall* yang berkilau terang, saya justru mendapati sebuah objek gelap yang ganjil tanpa penerangan. Bangunan itu tampak begitu sunyi dan terisolasi. Rupanya, lampu-lampu di sana memang dimatikan pada malam hari demi menghemat energi. Saya tidak akan pernah menduganya. Saya ingat sempat menganggap bangunan itu sebagai suatu entitas yang mampu menghasilkan bunyi, berpikir, dan belajar dari dirinya sendiri.

Namun, muncul sebuah kesempatan untuk menghidupkan WDCH ketika Anadol ditugaskan untuk membuat sebuah patung data pada tahun 2018 guna merayakan peringatan 100 tahun LA Philharmonic. Selain itu, proyek ini juga memberikan kesempatan bagi Anadol untuk berkarya di ruang publik sebuah ranah yang baginya memiliki daya tarik tersendiri. Ruang publik tidak hanya membuat karyanya dapat diakses oleh audiens yang jauh lebih luas, tetapi juga tidak dibatasi oleh sekat-sekat interior bangunan: "Ruang publik adalah bidang yang penting bagi saya. Ruang publik tidak memiliki pintu, langit-langit, ataupun lantai. Tidak ada awal maupun akhir. Ini adalah sebuah gagasan yang terbuka bagi siapa saja, kapan saja."

Proyek ini menjadi sebuah studi tentang mimpi dan ingatan. Salah satu sumber inspirasi untuk proyek WDCH adalah karya Anadol sebelumnya, Melting Memories, di mana ia berkolaborasi dengan para ahli saraf dari Neuroscape Laboratory di UCSF untuk memahami bagaimana ingatan terbentuk berdasarkan sinyal otak, dengan tujuan menciptakan patung data yang bersumber dari data EEG: "Bisakah kita menyaksikan momen saat seseorang mengingat sesuatu? . . . Bisakah kita mengubahnya menjadi permukaan 3D dengan bantuan kecerdasan mesin?" Sumber inspirasi lainnya adalah adegan dalam film Blade Runner saat Rachael menyadari bahwa mimpi yang ia miliki sebenarnya adalah milik orang lain. Hal ini mendorong Anadol untuk mengajukan pertanyaan: "Apa yang bisa dilakukan mesin dengan ingatan orang lain? . . . Jika mesin mampu memproses ingatan, bisakah ia juga bermimpi? Berhalusinasi? Mengingat sesuatu secara spontan, atau menciptakan hubungan antara mimpi dari berbagai orang yang berbeda?" "Saat bermimpi," catat Google AMI, "pikiran kita memproses ingatan untuk membentuk kombinasi baru dari berbagai citra dan gagasan." Dorongan inilah yang melahirkan gagasan utama di balik proyek tersebut: mengumpulkan seluruh "ingatan" yang tersimpan dari 100 tahun perjalanan LA Philharmonic serta berbagai catatan mengenai WDCH itu sendiri:

> Untuk menjawab pertanyaan ini, kami memutuskan untuk mengumpulkan semua materi yang tersimpan dalam arsip LA Philharmonic dan WDCH tepatnya, 77 terabyte kenangan yang telah diarsipkan secara digital. Dengan memanfaatkan kecerdasan mesin, seluruh arsip yang mencakup kurun waktu 100 tahun tersebut diubah menjadi proyeksi pada permukaan bangunan. Sebanyak 42 proyektor digunakan untuk menghadirkan

> pengalaman publik yang futuristik di jantung kota Los Angeles, yang kian mendekatkan suasana kota tersebut dengan gambaran LA dalam Blade Runner. Jika sebuah bangunan bisa bermimpi, inilah saatnya.

Tujuan di balik proyeksi ini adalah untuk memberikan 'kesadaran' kepada WDCH dalam tiga tahapan yang berbeda. Tahap pertama 'Ingatan' (*Memory*) melibatkan 'pelatihan' jaringan saraf tiruan dengan mengklasifikasikan ribuan gambar dan rekaman suara dari berbagai peristiwa yang tersimpan dalam arsip LA Philharmonic. Data ini kemudian diproses oleh jaringan tersebut. Tahap kedua 'Kesadaran' (*Consciousness*) melibatkan penggunaan jaringan saraf tiruan untuk mengategorikan dan menyusun ulang materi tersebut dengan mencari kesamaan di dalamnya. Tahap ketiga 'Bermimpi' (*Dreaming*) merupakan momen saat 'halusinasi' penuh terjadi, dan ini adalah tahap yang paling spektakuler di antara ketiganya:

> Ini sepenuhnya merupakan halusinasi mesin. Sebuah mercusuar budaya arsitektural merekonstruksi kulitnya sendiri, bahkan merekonstruksi sebuah ingatan. . . . Bangunan tersebut menciptakan laut buatan, samudra buatan di atas kulitnya sendiri dengan menggunakan titik-titik data. Pada akhirnya, kita tiba di momen ketika bangunan itu mulai memimpikan halusinasi. Kita pun menyadari bahwa kita sebenarnya sedang menyaksikan keseluruhan kognisi sebuah bangunan mulai dari saat sistem operasinya diaktifkan hingga ke titik di mana ia mulai berimajinasi. Perjalanan di antara kedua titik inilah yang menjadi kisahnya.

Pada malam tanggal 28 September 2018, serangkaian empat puluh dua proyektor berkekuatan tinggi dinyalakan, dan WDCH pun diterangi oleh sebuah pahatan data (*data sculpture*) yang diproyeksikan ke bagian eksteriornya. Pahatan data ini diciptakan oleh Anadol melalui kolaborasi dengan Google AMI dan insinyur suara komputasional Parag Mital. Ini bukanlah kali pertama Anadol memproyeksikan karyanya pada bangunan. Anadol juga bukan orang pertama yang mengeksplorasi penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam ranah arsitektur.

Namun, signifikansi simbolis dari pemroyeksian pahatan data berskala besar pada sebuah mahakarya arsitektur yang begitu menonjol menandai momen penting dalam pengenalan AI ke dunia arsitektur. Bisa dikatakan, ini juga merupakan momen di mana nuansa ala Blade Runner hadir dalam arsitektur kota Los Angeles. Anadol dan timnya tidak hanya berhasil menghidupkan WDCH: 'Arsitektur kini tidak lagi sendirian, dalam kegelapan di larut malam.' Sebagaimana dikomentari oleh Alejandro Iñárrito, 'Ini adalah kali pertama saya bisa menyentuh "fiksi ilmiah".' Proyeksi pahatan data (*data sculpture*) pada bangunan WDCH bukanlah kali pertama Anadol menampilkan karya semacam itu pada bangunan. Faktanya, ia mulai menarik perhatian melalui serangkaian karya berbasis data yang diproyeksikan ke bagian interior bangunan. Karya awalnya, Infinity Room, mengambil inspirasi dari mimpi dan kenangan masa kecilnya dua ranah yang memainkan peran penting dalam karya-karyanya.



Gambar 5.2 Refik Anadol, Quantum Memories, Melbourne, Australia. Untuk menciptakan proyek ini, Anadol memproses lebih dari 200 juta gambar yang berkaitan dengan alam menggunakan algoritma generatif yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI) dan komputasi kuantum.

Dengan demikian, Infinity Room hanya membuka pintu menuju kenangan dan mimpi, tetapi juga menghadirkan potensi untuk menciptakan halusinasi mengenai suatu ruang. Begitu pula dengan Virtual Depictions: San Francisco, sebuah karya berbasis data yang diproyeksikan pada dinding lobi pintu masuk sebuah gedung yang dirancang oleh Skidmore, Owings & Merrill (SOM) di San Francisco. Karya seni ini didasarkan pada alur kerja pahatan data waktu nyata (*real-time*), yang menggabungkan aktivitas Twitter yang ditandai dengan lokasi geografis serta data *point cloud* 3D kota tersebut. Instalasi lain seperti Wind of Boston yang menggunakan data cuaca, dan Bosphorus yang menggunakan data radar, turut melanjutkan seri pahatan data yang ditampilkan pada dinding-dinding bangunan ini.

Proyek Anadol yang bertajuk Infinite Space untuk Artechouse di New York merupakan pengembangan lebih lanjut dari teknik berbasis AI yang ia gunakan untuk proyek WDCH-nya. Dalam karya ini, ia memanfaatkan teknik tersebut untuk menyimulasikan efek dari "ingatan" arsitektural sintetis tentang kota New York. Anadol beserta timnya mengunduh lebih dari 213 juta foto bangunan di kota tersebut yang tersedia untuk publik. Mereka kemudian menerapkan algoritma untuk menghapus foto-foto yang memuat sosok manusia, sehingga jumlahnya berkurang menjadi 9,5 juta gambar. Kemudian, mereka memperkenalkan algoritme lain yang memungkinkan mesin untuk ‘bermimpi’ berdasarkan kumpulan data tersebut, lalu memproyeksikan film berdurasi 30 menit yang dihasilkan ke dalam sebuah ruang bekas ruang ketel uap yang kini dialihfungsikan menjadi ruang pameran. Pengembangan lebih lanjut dari konsep ini adalah proyek Quantum Memories, yang mengeksplorasi potensi komputasi kuantum. Sejak saat itu, Anadol terus berkarya secara produktif, menyelesaikan berbagai

proyek, termasuk karya proyeksi berjudul Unsupervised di MoMA, New York, serta sejumlah proyeksi pada bangunan, seperti pada fasad Casa Batlló di Barcelona dan The Sphere di Las Vegas.



Gambar 5.3 Refik Anadol, Unsupervised – Machine Hallucinations, MoMA, New York. Karya ini kemudian diakuisisi oleh MoMA sebagai karya seni pertama dalam koleksi permanennya yang berbentuk token (*tokenised artwork*).

Anadol juga merupakan sosok di balik pembuatan gambar pada sampul depan buku ini, yang dihasilkan menggunakan versi khusus dari StyleGAN. Seperti yang terlihat jelas, gambar tersebut menyerupai desain karya *Zaha Hadid Architects* (ZHA). Hal ini tidaklah mengherankan, mengingat gambar tersebut 'dihalusinasikan' oleh kecerdasan buatan (AI) berdasarkan kumpulan data (*dataset*) yang berisi gambar-gambar desain karya ZHA. Hasil akhirnya jelas dipengaruhi oleh masukan berupa gambar-gambar dari ZHA. Yang terpenting, gambar ini bukanlah salinan dari salah satu desain tersebut, melainkan sebuah interpolasi yang didasarkan pada keseluruhan kumpulan data yang ada. Lebih jauh lagi, gambar ini bukan merupakan representasi dari sesuatu yang sudah ada, melainkan sebuah halusinasi tentang sesuatu yang mungkin untuk diwujudkan.



Gambar 5.4 Refik Anadol, Machine Hallucinations: Sphere, Las Vegas, Nevada. Las Vegas Sphere merupakan layar LED yang dapat diprogram dan merupakan yang terbesar di dunia.

5.3 MEKANISME PERSEPSI DAN HALUSINASI MESIN

Istilah yang terkadang digunakan untuk menggambarkan gambar yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan (AI) adalah 'halusinasi mesin'. Meskipun kita mungkin menganggap bahwa 'halusinasi mesin' secara mendasar berbeda dari halusinasi manusia, terdapat kemiripan yang mengejutkan, dan kita dapat membuat perbandingan langsung antara cara kerja AI dengan cara kerja kita sendiri. Faktanya, AI melihat dunia melalui lensa data yang digunakan untuk melatihnya, sama seperti kita yang juga melihat dunia melalui lensa yang telah membentuk cara pandang kita. Sebagai contoh, tanyakan kepada seorang anak sekolah ada berapa warna dalam pelangi. Kemungkinan besar mereka akan menjawab 'tujuh', padahal sebenarnya terdapat jumlah warna yang tak terhingga dalam spektrum yang membentuk pelangi tersebut. Hal ini terjadi karena anak-anak sekolah diajarkan untuk berpikir bahwa hanya ada tujuh warna. Tanyakan kepada seorang mahasiswa arsitektur seperti apa bangunan yang 'fungsionalis'. Kemungkinan besar mereka akan menggambarkan bangunan berwarna putih yang berdiri di atas tiang penyangga (*piloti*) dengan atap datar. Padahal, atap datar sebenarnya tidak terlalu fungsional karena cenderung bocor, namun mahasiswa arsitektur diajarkan untuk menganggap bahwa atap datar adalah sesuatu yang fungsional.

Gagasan bahwa kita dikondisikan untuk melihat dunia dengan cara tertentu merupakan bagian dari teori 'persepsi prediktif' (*predictive perception*), sebuah teori yang mulai banyak diperhatikan dalam bidang ilmu saraf (*neuroscience*). Menurut ahli saraf Anil Seth, otak terkurung di dalam tengkorak yang keras tanpa akses langsung terhadap cahaya atau suara, serta hanya memiliki sedikit informasi mengenai dunia luar selain melalui impuls listrik. Oleh karena itu, otak berupaya membuat 'tebakan terbaik' tentang apa yang ada di luar sana, berusaha memahami 'rentetan sinyal listrik yang terus-menerus, yang hanya memiliki hubungan tidak langsung dengan berbagai hal di dunia nyata'. Dengan demikian, persepsi tidaklah seobjektif yang terlihat. Persepsi juga bukan sekadar proses otak menerima sinyal dari dunia luar. Otak secara aktif terlibat dalam upaya memaknai apa yang sedang ia persepsikan:

> Alih-alih bergantung sepenuhnya pada sinyal yang masuk ke otak dari dunia luar, persepsi justru sangat bergantung bahkan mungkin lebih bergantung pada prediksi perseptual yang mengalir ke arah sebaliknya. Kita tidak sekadar menerima dunia secara pasif; kita justru secara aktif menciptakannya. Dunia yang kita alami lebih banyak atau setidaknya sama banyaknya berasal dari dalam ke luar, daripada dari luar ke dalam.

Seth berpendapat bahwa otak membuat prediksi atau yang ia sebut sebagai 'halusinasi' mengenai apa yang sedang dipersepsikannya. Namun, jika prediksi ini dibiarkan tanpa kendali, ia akan terlepas dari realitas dan menghasilkan pengalaman halusinasi yang ganjil, serupa dengan halusinasi dalam pengertian tradisional. Seth menggunakan video yang diproses dengan algoritma DeepDream yang dilatih menggunakan gambar anjing sehingga mengenali bentuk anjing pada segala objek untuk mengilustrasikan bagaimana prediksi perseptual yang terlalu kuat dapat menyebabkan kita memiliki pandangan yang terdistorsi terhadap realitas.

Oleh karena itu, 'halusinasi' kita perlu dikendalikan guna mencegah prediksi yang keliru. Hal ini terjadi melalui proses 'minimisasi kesalahan prediksi' (*prediction error*

minimisation), sebuah mekanisme umpan balik yang mencatat selisih antara apa yang diharapkan oleh otak dan apa yang sebenarnya dilihatnya, lalu memperbarui persepsinya dengan cara 'mengekang' prediksi awal tersebut. Berdasarkan hal ini, Seth menyimpulkan bahwa jika halusinasi merupakan bentuk persepsi yang tidak terkendali, maka persepsi itu sendiri sejatinya adalah bentuk 'halusinasi yang terkendali':

> Jika halusinasi adalah sejenis persepsi yang terkendali, maka persepsi yang kita alami saat ini pun merupakan sejenis halusinasi namun halusinasi yang terkendali, di mana prediksi otak dibatasi oleh informasi sensorik dari dunia luar. Faktanya, kita semua terus-menerus berhalusinasi, termasuk saat ini. Hanya saja, ketika kita memiliki kesepakatan mengenai halusinasi tersebut, kita menyebutnya sebagai realitas.

Kita terkadang menggunakan istilah 'halusinasi mesin' (*machine hallucinations*) untuk menggambarkan citra yang dihasilkan melalui pembelajaran mendalam (*deep learning*), sementara Seth menggunakan istilah 'halusinasi terkendali' (*controlled hallucinations*) untuk menjelaskan proses persepsi prediktif pada manusia. Penggunaan istilah 'halusinasi' untuk kedua proses tersebut seolah menyiratkan adanya kemiripan di antara keduanya. Akan tetapi, hal ini bisa menyesatkan, mengingat jaringan saraf tiruan (*neural network*) hanya dimodelkan secara longgar berdasarkan cara kerja otak. Otak dan jaringan saraf tiruan adalah dua hal yang sangat berbeda.



Gambar 5.5 Memo Akten, Gloomy Sunday. Akten melatih jaringan saraf tiruan dengan berbagai kumpulan citra agar berfungsi sebagai 'lensa' untuk memandang objek-objek sehari-hari.

Atau, apakah keduanya benar-benar berbeda? Bukankah kita bisa menarik kesejajaran antara cara kerja jaringan saraf tiruan dengan cara kerja otak? Bagaimanapun, baik otak maupun jaringan saraf tiruan sama-sama 'dilatih' dengan cara tertentu. Terlebih lagi, keduanya melibatkan suatu proses korektif yakni minimalisasi kesalahan prediksi pada otak, serta *backpropagation* (perambatan balik) dalam jaringan saraf tiruan. Memang, meskipun tidak persis sama, bukankah kita bisa memahami proses minimalisasi kesalahan prediksi tersebut sebagai sesuatu yang serupa dengan backpropagation? Mungkinkah otak justru melakukan semacam backpropagation, sebagaimana dispekulasikan oleh Geoffrey Hinton? Seperti yang diamati oleh Yoshua Bengio, "*Backpropagation* bekerja dengan sangat baik, dan ini mengisyaratkan bahwa mungkin otak melakukan sesuatu yang serupa tidak persis sama, tetapi memiliki fungsi yang sama." Dengan demikian, terdapat kesejajaran tertentu yang dapat ditarik antara persepsi manusia dan pembuatan citra secara komputasional. "Halusinasi terkendali" dalam pikiran manusia dan "halusinasi mesin" dalam jaringan saraf tiruan, pada kenyataannya, mungkin tidak terlalu berbeda.

Dalam konteks yang serupa, seniman komputasi Memo Akten menggunakan jaringan saraf tiruan untuk menggambarkan bagaimana kita dilatih untuk melihat dunia. Melalui eksperimen interaktifnya yang berjudul '*Gloomy Sunday'*, Akten menyajikan ilustrasi tentang bagaimana jaringan saraf tiruan menafsirkan objek berdasarkan cara ia dilatih. Jadi, jika jaringan saraf tiruan tersebut dilatih menggunakan kumpulan data yang hanya berisi gambar bunga, maka ia akan melihat bunga dalam segala hal yang ia amati. Sebagaimana diamati oleh Akten, 'Gambaran yang kita lihat dalam pikiran sadar kita bukanlah cerminan dari dunia luar, melainkan sebuah rekonstruksi yang didasarkan pada harapan dan keyakinan kita sebelumnya.'

Dengan kata lain, pengalaman masa lalu berfungsi sebagai semacam penyaring bagi pengalaman-pengalaman berikutnya. Pengalaman tersebut mendistorsi dan mewarnai cara kita memandang dunia. Dengan kata lain, gagasan Akten bahwa persepsi didasarkan pada 'harapan dan keyakinan sebelumnya' tampak sangat mirip dengan gagasan Seth bahwa persepsi didasarkan pada 'harapan perseptual'. Demikian pula, eksperimen '*Gloomy Sunday'* karya Akten yang menggunakan jaringan saraf tiruan yang telah dilatih sangat mirip dengan eksperimen Seth yang menggunakan DeepDream. Singkatnya, Akten tampak mendukung teori persepsi prediktif yang dikemukakan oleh Seth.

Selain itu, kita juga dapat membandingkan gagasan Seth tentang 'halusinasi terkendali' (*controlled hallucination*) yang berperan dalam persepsi kita terhadap dunia dengan gagasan Slavoj Žižek tentang 'fantasi' yang berfungsi sebagai lensa untuk memandang dunia. Pandangan Žižek berakar pada pemikiran Lacanian. Menurut Lacan, kita tidak dapat mengakses 'Yang Nyata' (*the Real*), kecuali pada momen-momen *jouissance*. Apa yang kita anggap sebagai kenyataan bukanlah kenyataan itu sendiri, melainkan sekadar penampakan realitas. Faktanya, persepsi kita tentang realitas hadir melalui 'jalan memutar melewati labirin imajinasi'. Persepsi tersebut diwarnai dan didistorsi oleh imajinasi kita sama halnya dengan cara pandang kita terhadap dunia yang terdistorsi oleh bagaimana kita telah dilatih untuk

melihat dunia, sebagaimana diilustrasikan oleh dua 'eksperimen' dari Seth dan Akten tersebut. Lebih lanjut, bagi Zizek, persepsi kita tentang realitas merupakan fantasi akan realitas tersebut.

Dengan demikian, fantasi memainkan peran kunci dalam cara kita memahami 'realitas'. Bahkan, menurut Zizek, fantasi secara harfiah 'membentuk cara kita memandang realitas': 'Alih-alih sekadar menjadi fragmen dari mimpi kita yang menghalangi kita untuk "melihat realitas sebagaimana adanya", fantasi justru membentuk apa yang kita sebut sebagai realitas: "realitas" badaniah yang paling lazim pun terbentuk melalui jalan memutar melewati labirin imajinasi.' Zizek melangkah lebih jauh dengan berspekulasi bahwa, seiring penggunaan komputasi untuk menyimulasikan pemikiran manusia secara semakin akurat, mungkin terjadi sebuah pembalikan: pemikiran manusia justru mulai meniru program komputer, dan pemahaman kita sendiri tentang dunia pun menjadi sebuah model:

> Bagaimana jika 'model' ini sebenarnya sudah merupakan model dari 'yang asli' itu sendiri? Bagaimana jika kecerdasan manusia memang beroperasi layaknya komputer, 'diprogram', dan seterusnya? Komputer menghadirkan pertanyaan tentang kemiripan dalam bentuknya yang paling murni sebuah wacana yang bukan sekadar simulakrum: memang jelas bahwa komputer, dalam pengertian tertentu, hanya 'menyimulasikan' pemikiran; namun, apa bedanya simulasi pemikiran yang menyeluruh dengan pemikiran yang 'nyata'?

Dengan kata lain, Zizek berspekulasi bahwa kita mungkin hidup dalam sebuah simulasi sebuah argumen yang awalnya digagas oleh sosiolog Jean Baudrillard dan dipopulerkan melalui film The Matrix, namun kini juga didukung oleh berbagai argumen filosofis yang lebih baru. Senada dengan itu, kita dapat menarik perbandingan antara pandangan ini dengan cara Seth dan para ahli saraf lainnya memahami konsepsi kita tentang dunia sebagai sesuatu yang dikonstruksi berdasarkan keyakinan dan pengalaman masa lalu sehingga apa yang kita persepsikan pun merupakan sebuah model, atau simulasi, dari dunia tersebut. Hal ini membawa Zizek pada kesimpulan bahwa keliru jika kita merendahkan 'realitas virtual' sebagai bentuk realitas yang lebih rendah. Apa yang diungkapkan oleh realitas virtual bukanlah seberapa 'virtual' realitas virtual itu sendiri, melainkan seberapa 'virtual' pemahaman kita tentang 'realitas': 'Pelajaran utama dari realitas virtual adalah virtualisasi dari realitas yang sesungguhnya.'

5.4 PROSES INTERPRETASI DUNIA MELALUI PERSPEKTIF ARSITEKTUR

Beralih ke ranah arsitektur, tidakkah kita bisa membandingkan cara kita dididik sebagai arsitek dengan cara jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) dilatih? Pada tahun 2020, seorang mahasiswa arsitektur di FIU bernama Fernando Salcedo melakukan eksperimen AI interaktif yang mirip dengan proyek 'Gloomy Sunday'. Ia melatih jaringan saraf tiruan menggunakan dua kumpulan citra: satu berdasarkan arsitektur modernis generik, dan yang lainnya berdasarkan King Abdullah *Petroleum Studies and Research Center* (KAPSARC) karya firma ZHA. Jaringan saraf tersebut kemudian menafsirkan bentuk-bentuk arsitektural ke dalam segala hal yang ia lihat termasuk pakaian melalui proses yang menyerupai prinsip persepsi prediktif. Dalam pandangan dunia yang terdistorsi secara ganjil ini, sehelai dasi bisa ditafsirkan

sebagai gedung pencakar langit, sementara kemeja yang kusut bisa dianggap sebagai versi melengkung dari proyek ZHA tersebut.

Namun, yang terpenting, jaringan saraf ini tidak membaca bentuk-bentuk tersebut secara objektif; melainkan melalui sebuah filter. Eksperimen ini memicu pertanyaan-pertanyaan menarik. Mungkinkah seperti inilah cara arsitek memandang dunia dengan melihat potensi bangunan dalam segala hal yang mereka amati? Dengan kata lain, apakah pendidikan arsitektur melatih para arsitek untuk melihat dunia dengan cara tertentu, persis seperti cara jaringan saraf tiruan dilatih untuk memandang dunia? Menyatakan hal ini sebagai sebuah fakta berarti membangun argumen yang sepenuhnya didasarkan pada analogi. Eksperimen ini sendiri tidak membuktikan apa pun. Meski demikian, menarik untuk menelusuri lebih jauh jalur penyelidikan ini. Sebagai contoh, mungkinkah eksperimen ini memberikan wawasan mengenai hakikat inspirasi itu sendiri yakni 'tindakan' memaknai dunia melalui lensa tertentu, lalu mengekspresikan kembali visi tersebut ke dalam sebuah rancangan?



Gambar 5.6 Fernando Salcedo, *Deep Perception*. Studi ini menggunakan CycleGAN yang dilatih dengan citra King Abdullah Petroleum Studies and Research Center di Riyadh, Arab Saudi, untuk menafsirkan ulang citra pakaian sebagai kemungkinan desain lain bagi bangunan tersebut.

Kita dapat mendeskripsikan proses ini sebagai suatu bentuk 'arsitekturalisasi'. Pada dasarnya, arsitek cenderung melakukan 'arsitekturalisasi' terhadap apa pun yang mereka lihat, serta menafsirkan dunia melalui kacamata arsitektural. Hal ini memungkinkan mereka untuk mendapatkan inspirasi dari berbagai objek non-arsitektural seperti entitas biologis, hewan, serangga, formasi geologis, atau bahkan apa pun lalu memasukkannya ke dalam ekspresi arsitektural mereka. Sebagai contoh, hal ini dapat menjelaskan bagaimana Jørn Utzon terinspirasi oleh layar kapal pesiar yang terkembang, lalu menafsirkannya sebagai bentuk kubah potensial untuk sebuah gedung opera yang menghadap ke Pelabuhan Sydney.

Fenomena ini juga dapat menjelaskan mengapa arsitek sering kali salah menafsirkan konsep-konsep filosofis seperti konsep 'lipatan' (*fold*) yang digagas oleh Gilles Deleuze dan menganggapnya sebagai rujukan terhadap bentuk-bentuk arsitektural, padahal konsep tersebut sama sekali tidak berkaitan dengan bentuk ataupun arsitektur itu sendiri. Demikian

pula, hal ini menjelaskan mengapa beberapa arsitek dan pengamat arsitektur keliru dalam memaknai istilah-istilah yang merujuk pada ranah digital seperti 'diskret' (*discrete*) atau 'pikselasi' (*pixelation*) dengan mengasumsikan bahwa istilah tersebut merujuk pada bentuk-bentuk arsitektural, padahal ranah digital itu sendiri bersifat imaterial dan tidak memiliki bentuk.

Lebih jauh lagi, hal ini juga menjelaskan mengapa arsitek cenderung melakukan 'estetisasi' terhadap segala sesuatu yang mereka lihat; mereka menafsirkan dunia semata-mata dari sudut pandang estetika, seraya mengabaikan pertimbangan ekonomi, sosial, maupun politik. Mengapa, misalnya, banyak arsitek lebih mengutamakan aspek desain dibandingkan faktor ekonomi, padahal faktor ekonomilah yang menjadi penggerak di balik setiap desain? Bahkan, mengapa hanya ada sedikit sekali rujukan mengenai pertimbangan ekonomi dalam buku-buku tentang arsitektur selain informasi harga buku yang tercantum di sampul belakang? Seolah-olah para arsitek senantiasa memandang dunia dengan cara pandang tertentu, ibarat melihat melalui lensa estetisasi yang memberi warna lain pada realitas.

Oleh karena itu, penting untuk dipahami bahwa cara pandang seorang arsitek tidaklah netral. Cara pandang tersebut telah terlatih sama seperti sebuah jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang telah melalui proses pelatihan. Entah kita memahami pandangan yang terkondisi ini menurut istilah Seth sebagai bentuk 'halusinasi terkendali' atau menurut istilah Zizek sebagai sesuatu yang terbentuk melalui 'fantasi', jelas bahwa para arsitek melihat dunia bukan sebagaimana adanya, melainkan sebagaimana mereka dilatih untuk melihatnya. Namun, bukankah ini tidak jauh berbeda dengan pesan di balik istilah 'dekonstruksi' yang dicetuskan oleh Derrida? Derrida berpendapat bahwa persepsi kita tentang dunia membawa bias-bias tertentu, sama seperti data yang digunakan dalam kecerdasan buatan (AI) yang juga mengandung bias-bias tertentu. Oleh karena itu, persepsi kita tentang dunia adalah sesuatu yang 'dikonstruksi'. Persepsi yang 'dikonstruksi' ini bersifat terdistorsi, seperti yang telah kita lihat pada interpretasi umum mengenai pelangi. Dengan demikian, hal yang perlu diungkap adalah bagaimana pemahaman kita tentang dunia telah 'dikonstruksi'.

Cara memahami dunia yang 'dikonstruksi' ini pun perlu 'didekonstruksi'. Hal yang sama berlaku untuk arsitektur. 'Jangan pernah lupa,' tulis Derrida, 'bahwa ada arsitektur dari arsitektur.' Dengan kata lain, pemahaman kita tentang arsitektur itu sendiri merupakan sesuatu yang 'dikonstruksi' seperti yang terlihat pada persepsi umum yang mengaitkan 'fungsionalisme' dengan bangunan beratap datar. Oleh karena itu, pemahaman kita tentang arsitektur perlu 'didekonstruksi'. Ironisnya, banyak arsitek yang salah menafsirkan gagasan Derrida. Mereka cenderung mengira bahwa istilah 'dekonstruksi' merujuk pada konstruksi arsitektur, padahal sebenarnya istilah tersebut hanyalah sebuah metafora arsitektural. Lantas, bukankah kesalahpahaman ini merupakan contoh lain dari apa yang disebut sebagai 'arsitekturalisasi'?

5.5 POTENSI IMAJINASI DAN KOLABORASI MANUSIA-AI

Apakah Watanabe benar saat berpendapat bahwa mesin tidak memiliki mimpi? Bisa dikatakan bahwa saat ini mesin pun mampu 'bermimpi'. Istilah 'mimpi' memang muncul

berulang kali dalam deskripsi Anadol mengenai karya-karyanya. Istilah ini juga terdapat dalam nama teknik DeepDream serta perangkat lunak Dreamcatcher dari Autodesk. Kita bahkan bisa menemukan rujukan pada cara-cara lain yang menyerupai mimpi dalam menghasilkan citra, seperti 'halusinasi'. Mitchell berpendapat bahwa kecerdasan buatan (AI) memerlukan kesadaran untuk dapat menghargai kualitas artistik dari apa pun yang dihasilkannya. Dengan demikian, bagi Mitchell, kesadaran merupakan ciri utama kreativitas. Namun, apakah mimpi itu sendiri harus bergantung pada kesadaran?

Menurut Freud, mimpi memiliki berbagai peran. Sebagai contoh, perasaan yang tertekan dapat terungkap melalui mimpi sama seperti perasaan tersebut bisa muncul secara tidak sengaja dalam ucapan melalui proses *parapraxis* (salah ucap), atau tersalurkan dalam bentuk tersublimasi melalui tindakan kreatif apa pun. Selain itu, mimpi juga menjadi 'jalan utama' menuju alam bawah sadar seperti yang diungkapkan Freud karena mimpi memberikan akses ke bagian pikiran yang tidak dapat dijangkau saat seseorang berada dalam kondisi sadar. Dengan kata lain, mimpi tidak selalu berkaitan dengan kesadaran dan bisa hadir dalam bentuk tersublimasi di dalam proses kreatif perancangan. Dilihat dari perspektif ini, mimpi tidak bergantung pada kesadaran.

Di sisi lain, dalam wacana 'kecerdasan yang diperluas' (*extended intelligence*), kita bisa berargumen bahwa proses penciptaan karya oleh AI sebenarnya melibatkan kesadaran. Hanya saja, kesadaran tersebut dimiliki oleh manusia, bukan oleh AI. Bahkan, bisa dikatakan bahwa hal ini selalu terjadi dalam setiap operasi komputasi, mengingat komputer tidak pernah bertindak atas kehendaknya sendiri. Pada akhirnya, kendali tetap berada di tangan pengguna. Meskipun proses komputasi tampak objektif, hasil akhirnya harus tetap memuaskan pengguna yang bersifat subjektif. Jika hasil tersebut belum memuaskan, algoritma dapat terus disesuaikan hingga menghasilkan sesuatu yang memenuhi keinginan pengguna. Dengan demikian, membicarakan AI secara terpisah lepas dari konteks lain hampir tidak memiliki makna. Setidaknya untuk saat ini, hal ini selalu berkaitan dengan suatu bentuk kolaborasi antara manusia dan kecerdasan buatan (AI) bukan sekadar kecerdasan buatan dalam arti harfiah, melainkan lebih kepada 'kecerdasan yang diperluas' (*extended intelligence*). Dan, karena pengguna memiliki kesadaran, maka secara definisi kolaborasi ini pun melibatkan kesadaran.

Dengan cara pandang seperti ini, hal tersebut bisa dipahami sebagai upaya pengguna untuk bermimpi melalui AI, atau pengguna yang mengadopsi AI sebagai perpanjangan dari imajinasi manusia. Terlebih lagi, sebagaimana telah dikemukakan oleh banyak pihak, hanya ada satu entitas yang lebih unggul daripada AI, yaitu 'manusia ditambah AI'. Dan jelas, 'manusia ditambah AI' jauh lebih unggul dibandingkan manusia tanpa AI. Dengan demikian, pertanyaan yang diajukan Watanabe seharusnya bukan "Bisakah mesin bermimpi?", melainkan "Bisakah manusia menggunakan mesin untuk meningkatkan kualitas mimpi mereka sendiri?" Namun, jika kita menempatkan komentar Watanabe dalam konteks yang utuh, jelaslah bahwa inilah yang sebenarnya dimaksud olehnya. Bagi Watanabe, kuncinya bukanlah memandang AI secara terpisah, melainkan dalam kerangka potensi simbiosis antara AI dan

manusia. Dalam konteks ini, Watanabe menyebut AI sebagai "AI yang memperluas kapabilitas" atau AI yang "dapat memperluas imajinasi".

Menurut Watanabe, cara kerja otak atau dengan kata lain, "intuisi" selalu menjadi sebuah "kotak hitam" (*black box*). Kita tidak dapat memahami bagaimana cara kerjanya. Demikian pula, jaringan saraf tiruan (*neural network*) juga merupakan sebuah "kotak hitam". Sebagai contoh, dalam kasus pembelajaran mendalam (*deep learning*), bahkan para ilmuwan komputer pun tidak sepenuhnya memahami bagaimana cara kerjanya. Dengan demikian, simbiosis antara mesin dan manusia ini dapat dianggap sebagai bentuk "kolaborasi" antara dua "kotak hitam". Menariknya, Watanabe memandang potensi mesin untuk memiliki mimpi bukan sebagai persaingan antara manusia dan mesin, melainkan sebagai sebuah sintesis, di mana manusia dan mesin saling melengkapi:

> Apakah jawaban ini akan selalu benar? Akankah tiba saatnya mesin memiliki mimpi? Bersiap menghadapi hari itu berarti menelusuri jalan menuju potensi kerja sama antara otak dan mesin. Hal ini memerlukan upaya di kedua ranah baik ranah "kotak putih" (*white box*) yang mencakup pendekatan ilmiah atau perancangan algoritma maupun ranah "kotak hitam", yang mengarah pada metodologi kolaboratif, atau yang disebut Watanabe sebagai "*AI Tect*". Ini serupa dengan cara kerja otak kiri dan otak kanan kita, yang menangani fungsi berbeda namun berkolaborasi untuk menghasilkan performa yang luar biasa.

Lantas, apakah robot bisa bermimpi? Apakah masuk akal untuk memikirkan robot secara terpisah? Ataukah kita seharusnya hanya memikirkan robot dalam konteks kolaborasi dengan manusia? Bagaimanapun, Watanabe tertarik pada kolaborasi semacam ini. Bekerja dengan robot dapat membantu arsitek dalam membayangkan berbagai pilihan yang jauh lebih luas daripada yang mungkin mampu dihasilkan oleh imajinasi mereka sendiri. Selama ini, kita cenderung memandang robot sekadar sebagai perangkat mekanis yang hanya mampu menjalankan tugas-tugas mekanis. Namun, saat bekerja bersama manusia, robot dapat membuka ruang bagi imajinasi. Bagi Michael Hansmeyer, inilah langkah krusialnya: "Selama ini kita menggunakan komputer untuk meningkatkan efisiensi dan presisi kita." Mari kita pandang komputer sebagai sumber inspirasi (*muse*), sebagai mitra dalam merancang, dan sebagai alat untuk memperluas imajinasi kita. Pada tahun 2019, sebuah pameran mengenai kecerdasan buatan (AI) digelar di Barbican, London, dengan judul *AI: More than Human* (AI: Lebih dari Manusia). Gagasan di balik pameran ini adalah bahwa konsep AI harus dilihat dalam konteks yang lebih luas, yakni sebagai kelanjutan dari hasrat untuk menciptakan kehidupan cerdas secara artifisial. Pameran tersebut cukup meyakinkan dalam menyajikan argumen ini.

Namun, judul pameran itu seolah menyiratkan bahwa AI bisa menjadi sesuatu yang ‘lebih dari manusia’. Akan tetapi, apakah ini persoalan perbandingan? Haruskah kita memandang hubungan antara AI dan manusia sebagai sebuah kompetisi? Bukankah judul ini justru memicu ketakutan? Atau, haruskah kita melihat peran AI sebagai pelengkap bagi peran manusia? Bukankah salah satu peran AI adalah membebaskan kita dari beban tugas-tugas repetitif yang menjemukan, sehingga kita dapat lebih leluasa mengembangkan imajinasi kita

imajinasi yang begitu khas manusiawi? Apakah peran AI justru memungkinkan kita untuk menjadi lebih manusiawi? AI, jadilah sumber inspirasiku!

5.6 AI SEBAGAI CERMIN KECERDASAN DAN PERSEPSI MANUSIA

Atau, bisakah kita memandang AI sebagai cermin untuk memahami cara kerja pikiran manusia? Dalam bab ini, kita telah menelaah bagaimana manusia sama halnya dengan mesin bisa mengalami halusinasi; kita juga telah membahas bagaimana berbagai proses pada manusia tampak sejajar dengan mekanisme dalam dunia AI. Kita dilatih untuk melihat dunia dengan cara tertentu, persis seperti jaringan saraf tiruan (*neural network*) yang dilatih. Selain itu, proses-proses seperti *backpropagation* (perambatan balik) memiliki padanan dalam dunia analog otak manusia. Faktanya, simulasi digital sering kali dapat membantu kita memahami perilaku analog. Sebagai contoh, baru setelah Craig Reynolds menciptakan model digital untuk perilaku kawanan burung dengan menggunakan apa yang disebut sebagai 'boids' kita akhirnya mampu memahami perilaku burung yang sesungguhnya.

'Apakah AI Merupakan Cermin untuk Memahami Apa Artinya Menjadi Manusia?'

Ini bukan berarti AI dapat dianggap sebagai 'model digital' dari kecerdasan manusia. Bagaimanapun, keduanya merupakan 'kotak hitam' (*black box*), dan kita hanya memiliki sedikit pemahaman tentang bagaimana keduanya bekerja. Meski demikian, prinsip-prinsip yang mengatur AI mungkin dapat memberikan petunjuk mengenai prinsip-prinsip yang mendasari kecerdasan manusia. Kita telah membahas bagaimana AI mungkin membantu kita memahami hakikat kreativitas; mungkinkah AI juga menjadi cermin bagi kita untuk memahami eksistensi manusia secara umum?

Film Blade Runner pada dasarnya berkisah tentang perbedaan antara manusia dan *replicant* (makhluk tiruan), di mana *replicant* tersebut berfungsi sebagai cermin untuk memahami apa artinya menjadi manusia. Mendiang Rutger Hauer, yang memerankan pemimpin replicant bernama Roy Batty, berkomentar, 'Dalam banyak hal, Blade Runner bukanlah tentang *replicant*. Film ini justru berbicara tentang apa artinya menjadi manusia.' Senada dengan itu, Hiroshi Ishiguro mengungkapkan perihal robot, 'Robot adalah semacam cermin yang memantulkan kemanusiaan; dengan menciptakan robot cerdas, kita dapat membuka peluang baru untuk merenungkan apa artinya menjadi manusia.' Bisakah kita mengatakan hal yang serupa tentang AI? Apakah AI merupakan cermin untuk memahami apa artinya menjadi manusia?

BAB 6
TRANSFORMASI PRAKTIK ARSITEKTUR MELALUI AI

Sebagai sebuah disiplin ilmu, arsitektur tertinggal sekitar satu tahun di belakang bidang Seni Media (*Media Arts*) dalam mengadopsi AI. Terlebih lagi, bukan seorang arsitek, melainkan seorang seniman media bernama Refik Anadol, yang pada tahun 2019 mengambil langkah awal dalam mengeksplorasi kemungkinan penggunaan AI untuk menghasilkan desain arsitektur. Setelah memproyeksikan karya seni datanya (*data sculpture*) ke fasad gedung WDCH, Anadol mengunggah ribuan gambar karya arsitektur dari firma *Zaha Hadid Architects* (ZHA) ke dalam komputernya. Ia kemudian menggunakan versinya sendiri dari algoritma StyleGAN untuk menciptakan desain melalui proses yang menyerupai "halusinasi" mesin. Proses ini menghasilkan desain yang ditampilkan pada sampul depan buku ini sebuah desain yang mungkin saja bisa dibuat oleh Zaha Hadid sendiri seandainya ia masih hidup.

Perlu dipahami bahwa menghasilkan gambar menggunakan GAN adalah proses yang melelahkan dan memakan waktu; hasilnya pun sering kali tidak sempurna (mengalami *glitch*) dan memiliki resolusi rendah. Selain itu, dibutuhkan keahlian teknis yang mumpuni untuk benar-benar menguasai sistem ini. Pada awalnya, satu-satunya cara untuk menghasilkan gambar menggunakan GAN adalah dengan menulis kode sendiri atau mengandalkan dukungan teknis dari para ahli ilmu komputer. Dalam situasi inilah, sejumlah arsitek yang memiliki pengetahuan mendalam tentang komputasi seperti Daniel Bolojan, Immanuel Koh, dan Casey Rehm mulai menjelajahi ranah baru ini. Menariknya, mereka semua sebelumnya telah mendalami bidang *Swarm Intelligence* (SI) dan perilaku berbasis agen (*agent-based behaviour*), sehingga beralih dari SI ke AI merupakan langkah yang sangat alami bagi mereka. Selain itu, fokus utama mereka saat itu adalah pada kegiatan pengajaran dan penelitian pribadi. Dari ketiganya, hanya Bolojan yang terlibat dalam kolaborasi dengan firma arsitektur arus utama, yaitu Coop Himmelb(l)au. Bisa dikatakan, berkat pengaruhnyalah firma tersebut menjadi salah satu pelopor dalam mengeksplorasi potensi penerapan AI di lingkungan praktik arsitektur.

6.1 PANDANGAN WOLF PRIX TERHADAP AI DALAM ARSITEKTUR

Wolf Prix, Kepala Desain sekaligus CEO Coop Himmelb(l)au firma desain arsitektur progresif yang berbasis di Wina, Austria merupakan salah satu tokoh pertama yang mengeksplorasi potensi kecerdasan buatan (AI). Awalnya, Prix sempat menaruh curiga terhadap AI. Ia bahkan skeptis terhadap komputasi secara umum, dan parametrisisme secara khusus, karena dianggap sebagai sistem yang tertutup. Namun, kini ia menyadari bahwa AI justru dapat membuka berbagai kemungkinan, alih-alih menutupnya.

Bagi Prix, eksperimentasi bukanlah hal baru. Sejak awal kariernya melalui berbagai proyek eksperimental seperti menciptakan karya "sayap yang terbakar", menulis manifesto provokatif, hingga mengeksplorasi teknik menggambar otomatis Prix senantiasa berupaya menantang status quo dan membuka arsitektur terhadap berbagai peluang baru. Bersama

tokoh-tokoh seperti Frank Gehry, Rem Koolhaas, Peter Eisenman, Zaha Hadid, dan lainnya, ia menjadi salah satu arsitek progresif yang terlibat dalam pameran *Deconstructivist Architecture* di MoMA, New York, pada tahun 1988. Hingga kini, ia tetap berada di garda depan eksperimentasi radikal dalam dunia arsitektur. Perlu dicatat pula bahwa Prix selalu menjunjung tinggi keterbukaan dan kebebasan berekspresi; bahkan Karl Popper, penulis buku *The Open Society and Its Enemies*, merupakan salah satu sosok yang ia kagumi. Baginya, segala sesuatu yang mendorong keterbukaan patut dirayakan, sementara apa pun yang membatasi peluang harus ditantang. Oleh karena itu, menurut Prix, kita harus senantiasa terbuka terhadap berbagai kemungkinan yang ditawarkan oleh AI: "Jangan menolaknya! Anda justru harus mengintegrasikan dan memanfaatkannya."

Prix berupaya menekankan kepada timnya betapa pentingnya AI: "AI hanyalah sebuah alat. Namun, di kantor kami, AI adalah rekan kerja yang paling penting." Bagi Prix, manfaat nyata dari AI terletak pada kemampuannya membuat proses desain menjadi lebih efisien, sehingga tersedia lebih banyak waktu untuk mengeksplorasi bahasa desain yang baru. Pandangan ini muncul di saat arsitektur tengah mengalami krisis. Dunia arsitektur saat ini berada di atas "landasan yang goyah" bisa dikatakan, "hampir tidak ada gravitasi" di dalamnya. Arsitektur kini berada dalam kondisi yang sangat tidak menentu; struktur-struktur lama mulai runtuh, sementara "struktur-struktur baru" pun mulai bermunculan. Meskipun ‘struktur-struktur baru’ ini belum siap, ada kemungkinan bahwa AI dapat berperan dalam memengaruhi pengembangannya. Menurut Prix, mahasiswa arsitektur perlu mengeksplorasi potensi AI. Namun, AI tidaklah berguna jika justru membatasi cara berpikir mahasiswa; sebaliknya, AI seharusnya mendukung proses berpikir mereka. Tanpa konten, tidak akan ada bentuk.

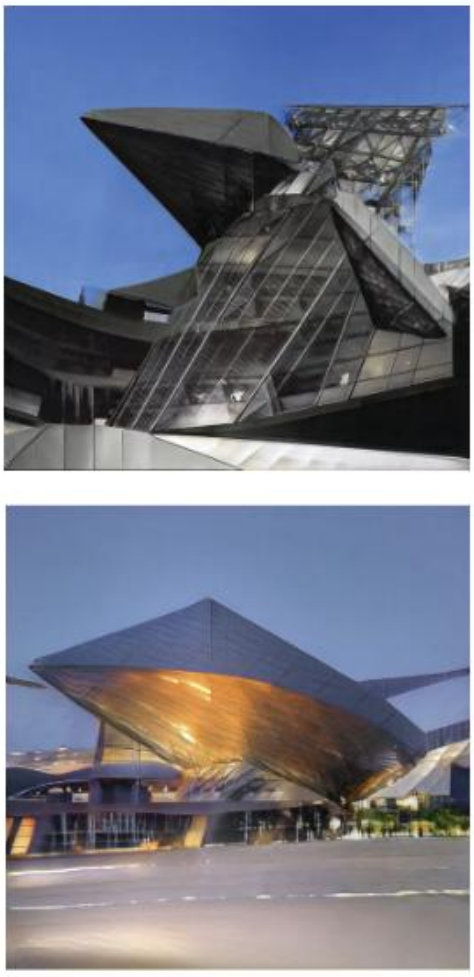
Di saat yang sama, Prix bersikap agak berhati-hati terhadap AI: ‘Apakah ini sekadar tren sesaat? Akankah ini membinasakan kita?’ Tentu saja, AI memiliki keterbatasan. Prix sering mengutip pendapat seorang ahli saraf bernama Singer, yang mengamati bahwa AI bersifat linear, sementara otak manusia bersifat multidimensional. Prix juga memperingatkan agar kita tidak membiarkan diri dikendalikan oleh algoritma: ‘Waspadalah! Bersikaplah kritis!’18 Arsitek harus tetap memegang kendali: ‘Arsitek harus berada di kursi pengemudi, sedangkan AI di kursi penumpang.’ Lebih jauh lagi, Prix mengingatkan agar sistem komputasi yang berbasis angka nol dan satu tidak berujung pada ‘arsitektur nol-nol’ (arsitektur yang kosong makna). Lantas, apa analogi yang paling tepat menurut Prix? Tidak mengherankan bagi seorang arsitek asal Wina, Prix melihat risiko bahwa AI bisa melahirkan semacam arsitektur tiruan ibarat kopi tanpa kafein: ‘Tampilannya seperti kopi, aromanya pun seperti kopi, tetapi sama sekali bukan kopi.’ ‘Arsitek harus berada di kursi pengemudi, sementara AI di kursi penumpang.’ Meskipun demikian, Prix juga takjub dengan potensi yang dimiliki AI.

6.2 PENGEMBANGAN DESAIN ARSITEKTUR BERBASIS GAN

DeepHimmelb(l)au adalah nama sebuah inisiatif penelitian berkelanjutan yang dilakukan oleh Coop Himmelb(l)au untuk mengeksplorasi potensi penerapan AI di dalam firma tersebut. Salah satu hasil awalnya adalah upaya penggunaan CycleGAN dan bentuk GAN lainnya untuk ‘menghalusinasikan’ rancangan bangunan. Seperti yang telah disebutkan

sebelumnya, CycleGAN bekerja dengan dua kumpulan data (*dataset*) yang tidak berpasangan. Dalam kasus ini, dataset A didasarkan pada gambar referensi formasi geomorfik, sedangkan dataset B didasarkan pada arsip proyek-proyek nyata karya Coop Himmelb(l)au. Hasilnya berupa video perjalanan melintasi lanskap imajiner yang berisi bentuk-bentuk bangunan khas Coop Himmelb(l)au.

DeepHimmelb(l)au menunjukkan bahwa sangat mungkin untuk 'menghalusinasikan' desain yang cukup meyakinkan dengan menggunakan GAN. Terlebih lagi, meskipun persiapan dataset membutuhkan upaya yang cukup besar dan diperlukan banyak *epoch* (putaran pelatihan) untuk menghasilkan karya akhir berkualitas tinggi, pada akhirnya GAN mampu menciptakan desain dengan sangat cepat. Daniel Bolojan, arsitek komputasional yang bertanggung jawab atas pengembangan *DeepHimmelb(l)au*, mencatat: 'Meskipun masih dalam tahap awal, dalam ranah yang didefinisikan dengan jelas, *DeepHimmelb(l)au* mampu mengungguli para perancang dalam hal kecepatan interpretasi dan representasi, serta jumlah interpretasi koheren yang dapat dihasilkannya.'



Gambar 6.1 Coop Himmelb(l)au, Deep Himmelb(l)au (2020). Deep Himmelb(l)au mengeksplorasi potensi mesin pembelajar (*teaching machines*) dalam menafsirkan, mengusulkan desain baru, serta meningkatkan kreativitas seorang arsitek.

Tujuan di balik *DeepHimmelb(l)au* adalah menemukan cara untuk 'menambah' (augmentasi) proses perancangan, serta menambahkan lapisan pada desain yang sudah ada. Sebagaimana diungkapkan oleh Bolojan, *'DeepHimmelb(l)au* mengeksplorasi gagasan (yang berkaitan dengan manusia) untuk mengajari mesin agar mampu berkreasi, menafsirkan, mengusulkan desain baru, serta menambah proses perancangan.' Saat ini, citra yang dihasilkan oleh *DeepHimmelb(l)au* masih sebatas 2D. Untuk mengembangkan pendekatan yang lebih meyakinkan dan menyeluruh, firma tersebut perlu beralih ke ranah 3D; hal ini menuntut pengembangan data yang lebih banyak serta penggunaan teknik rendering untuk membedakan kedalaman, materialitas, lapisan, dan sebagainya. Pada dasarnya, proyek ini harus dipahami sebagai bagian dari visi yang lebih luas untuk menambah proses perancangan di dalam firma tersebut. Seperti yang ditunjukkan oleh Bolojan, 'Proses-proses perancangan tersebut mencakup berbagai hal, mulai dari interpretasi model fisik, analisis waktu nyata (*real-time*), rendering waktu nyata, konversi antar-domain 2D dan 3D, hingga eksplorasi ruang desain.'

Citra-citra awal yang dihasilkan masih tampak kurang sempurna dengan adanya gangguan visual (*glitch*) dan beresolusi rendah. Bahkan, diperlukan teknik tambahan untuk meningkatkan resolusi citra tersebut agar layak dipublikasikan. Meski demikian, dapat dikatakan bahwa proyek *DeepHimmelb(l)au* mewakili pencapaian mutakhir dalam produksi citra berbasis GAN pada tahun 2021 tahun di mana Coop Himmelb(l)au menerima *Project Award* dari DigitalFUTURES, sementara Wolf Prix dianugerahi *Lifetime Achievement Award* oleh ACADIA.

6.3 PENGEMBANGAN SISTEM AI MULTIMODAL UNTUK DESAIN ARSITEKTUR

Coop Himmelb(l)au terus melanjutkan pengerjaan proyek *DeepHimmelb(l)au*. Versi terbaru dari proyek ini mengeksplorasi bagaimana jaringan tersebut dapat menghadirkan solusi baru sekaligus meningkatkan kemampuan pribadi para perancang. Tantangannya di sini bukan sekadar menciptakan sistem otomatis yang mengambil alih masukan desain dari operator manusia, melainkan mewujudkan suatu bentuk 'sintesis', di mana operator manusia dan kecerdasan buatan (AI) bekerja secara berdampingan. Sebagaimana dikemukakan oleh Bolojan, 'Pada akhirnya, tujuannya adalah agar para perancang dan jaringan tersebut dapat belajar serta berkembang bersama, alih-alih hanya mengandalkan jaringan untuk mengotomatisasi proses desain. Pendekatan ini memungkinkan jaringan tersebut menjadi perangkat yang berharga bagi para perancang, bukan sebagai pengganti kreativitas manusia.'



Gambar 6.2 Coop Himmelb(l)au, *DeepHimmelb(l)au* (2024), dihasilkan menggunakan *node* difusi Deep Himmelb(l)au. Gambar ini dibuat berdasarkan perintah (*prompt*): 'tampilan eksterior dari kejauhan yang memperlihatkan dua volume dengan bentuk terpotong miring satu terbuat dari kaca dan satu lagi dari beton karya Coop Himmelblau'.

Coop Himmelb(l)au tengah mengembangkan sistem multimodal berbasis simpul (*node*). Meskipun sebagian besar arsitek telah beralih dari GAN (*Generative Adversarial Networks*) ke model difusi, firma ini tetap berkomitmen untuk menerapkan logika GAN pada simpul-simpul tertentu dalam sistem mereka. Tujuannya adalah menciptakan solusi yang spesifik untuk domain tertentu, yang kemudian dipadukan dengan simpul-simpul lain yang dirancang untuk solusi yang lebih bersifat umum (*generik*). Yang terpenting, GAN tidak harus terbatas pada data berupa citra saja. GAN dapat dibangun berdasarkan logika lain seperti parameter sistem sebuah strategi yang membuka berbagai kemungkinan baru yang jauh lebih meyakinkan. Dengan pendekatan ini, hasil yang diperoleh menjadi koheren, terintegrasi, dan saling berkaitan pada tataran formal.

Salah satu keunggulan besar dari firma seperti Coop Himmelb(l)au, yang telah beroperasi sejak tahun 1968, adalah kepemilikan arsip kaya yang mencakup banyak proyek terdahulu yang dapat dimanfaatkan. Ini merupakan sumber daya yang sangat berharga: "Mengingat kerumitan dan kompleksitas semantik dalam gaya desain Coop Himmelb(l)au, firma ini memiliki akses ke kumpulan data besar yang terdiri dari hampir seribu proyek. Dari data tersebut, dapat dihasilkan kumpulan data multimodal yang memperdalam pemahaman mengenai desain sebagai sebuah upaya yang bersifat multimodal." Dengan demikian, tujuannya bukan sekadar menghasilkan luaran berdasarkan citra sederhana, melainkan berfokus pada penyatuan berbagai domain yang berbeda secara bersamaan.



Gambar 6.3 Coop Himmelb(l)au, *Deep Himmelb(l)au* (2024), dihasilkan menggunakan simpul difusi *Deep Himmelb(l)au*. Simpul difusi Deep Himmelb(l)au ini telah disesuaikan (*fine-tuned*) menggunakan kumpulan data teks dan gambar milik firma tersebut, guna menghasilkan desain yang mencerminkan bahasa desain khas mereka.

Salah satu masalah pada model diskret adalah sifatnya yang tetap spesifik pada domain tertentu atau bersifat mono-nodal (berbasis satu simpul), padahal desain khususnya proses desain arsitektural bergantung pada berbagai modalitas. Oleh karena itu, muncul tantangan mengenai bagaimana menciptakan sistem yang memungkinkan perancang untuk menentukan alur kerja dan modalitas mereka sendiri, sekaligus berinteraksi dengan sistem tersebut. Dalam konteks ini, *DeepHimmelb(l)au* dikembangkan sebagai sistem multi-nodal, di mana perancang dapat menyusun alur kerja secara menyeluruh, menentukan hubungan antarberbagai simpul dalam sistem, serta memutuskan bagaimana menghubungkan simpul-simpul tersebut. Beberapa jenis simpul sedang dikembangkan, seperti transfer domain, model difusi, pembelajaran representasi (*representation learning*), model bahasa, dan model atensi.

Kemampuan sistem untuk memfasilitasi interaksi antarberbagai simpul (*node*) merupakan elemen krusial. Konsep ini terinspirasi dari gagasan Jeff Hawkins dalam *A Thousand Brain Theory: A New Theory of Intelligence*, yang menyatakan bahwa otak terdiri dari "seribu otak" yang bekerja secara parallel masing-masing memiliki rangkaian input sensorik, memori, dan prediksi yang unik serta saling berinteraksi untuk mencapai konsensus. Oleh karena itu, penting untuk memahami signifikansi pengembangan proses dan alur kerja yang dapat mendorong interaksi di antara simpul-simpul komponen dalam suatu sistem.



Gambar 6.4 Coop Himmelb(l)au, *Deep Himmelb(l)au* (2024), dihasilkan menggunakan simpul difusi (*diffusion node*). Model ini menciptakan komposisi yang koheren dan selaras dengan bahasa semantik arsitektural dari firma tersebut.

Penelitian ini berfokus pada tiga bidang utama: gestalt, organisasi, dan aspek teknis. Sebagaimana diungkapkan oleh Bolojan, "Ambisi proyek ini bukan sekadar menghasilkan citra yang estetis, melainkan memahami bagaimana sistem-sistem tersebut dapat menciptakan solusi holistik di mana terdapat koordinasi antara berbagai ranah gestalt, organisasi, atau teknis, serta antara interior dan eksterior, elevasi, dan aspek desain lainnya."

Mengingat perkembangan terkini di bidang kecerdasan buatan generatif (*generative AI*), firma ini juga menaruh minat besar pada pelatihan model pembelajaran mendalam (deep learning) menggunakan metode *reinforcement learning with human feedback* (RLHF) sebuah metodologi yang telah menarik perhatian luas sejak peluncuran MidJourney dan ChatGPT. Mereka juga tengah menjajaki kemungkinan penerapan *federated learning*, di mana berbagai jaringan dilatih secara lokal pada komputer masing-masing desainer, sehingga memungkinkan pendekatan yang lebih personal dalam pengembangan jaringan tersebut.

Langkah ini juga membantu mengatasi bias estetika yang tertanam dalam model-model tersebut, serta menggantinya dengan bias yang lebih selaras dengan ekspresi estetika internal CoopHimmelb(l)au. Seperti yang dicatat oleh Bolojan, "Meskipun model AI generatif yang ada saat ini, seperti MidJourney dan Stable Diffusion, memiliki preferensi atau bias estetika tersendiri, preferensi tersebut mungkin tidak sejalan dengan gaya desain CoopHimmelb(l)au. Oleh karena itu, penyempurnaan model (*fine-tuning*) agar dapat menangkap semantik dan nuansa unik firma ini sedang diteliti, dengan tujuan menciptakan model yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan sasaran spesifik firma tersebut."

Sistem ini juga mampu menangani tampilan multi-perspektif dari desain yang sama. Salah satu tantangan pada model difusi (*diffusion models*) adalah bahwa setiap hasil yang dihasilkan tidak memiliki keterkaitan dengan hasil sebelumnya. Akibatnya, mustahil untuk menghasilkan tampilan interior sekaligus eksterior dari desain yang sama, atau menangkap

elevasi dari sisi utara, selatan, timur, dan barat. Namun, sistem multi-nodal *Deep Himmelb(l)au* mulai mampu mengatasi masalah ini, serta memungkinkan pendekatan terhadap berbagai sudut pandang dari satu desain baik untuk bagian eksterior maupun interior sembari tetap mempertahankan komposisi yang koheren. Sistem ini juga berpotensi untuk mengendalikan perspektif secara eksklusif melalui perintah (*prompts*).



Gambar 6.5 Coop Himmelb(l)au, *Deep Himmelb(l)au* (2024), dihasilkan menggunakan *node* difusi *Deep Himmelb(l)au*. *Node* difusi ini digunakan untuk menciptakan interior yang berkelok-kelok, yang terdiri dari beton dan panel-panel aluminium berbentuk segitiga.



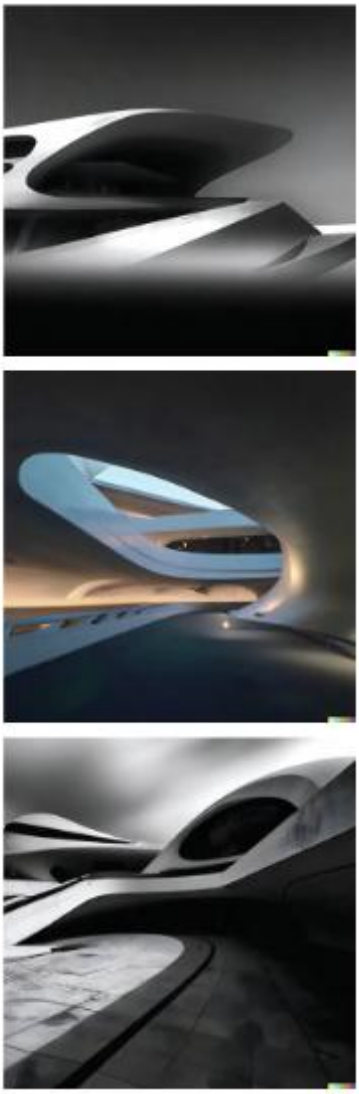
Gambar 6.6 Coop Himmelb(l)au, *Deep Himmelb(l)au* (2024), dihasilkan menggunakan *node* difusi *Deep Himmelb(l)au*. Dengan mengatasi bias dan preferensi estetika yang melekat pada model-model komersial, *Deep Himmelb(l)au* unggul dalam menciptakan berbagai perspektif dari satu desain yang sama, sembari tetap mempertahankan komposisi yang konsisten.

Jelas bahwa para arsitek akan lebih baik jika mampu melampaui keterbatasan model-model generik yang telah dilatih sebelumnya yang meskipun populer, namun memiliki Batasan dengan cara mengembangkan sistem yang disesuaikan untuk menyelaraskan hasil keluaran dengan kepentingan kantor mereka masing-masing. Sebagaimana dikemukakan oleh Patrik Schumacher mengenai *Deep Himmelb(l)au*, "Itulah masa depan dalam hal kepemilikan dan

pengembangan perangkat-perangkat ini, serta menjadikannya spesifik untuk disiplin ilmu tertentu." Satu-satunya kendala mungkin adalah apakah kantor-kantor arsitektur di masa depan akan memiliki cukup banyak 'pengguna ahli' (*superusers*) yang mampu menyesuaikan perangkat-perangkat tersebut untuk kebutuhan spesifik mereka, seperti yang telah dilakukan oleh Coop Himmelb(l)au.

6.4 PENERAPAN AI GENERATIF DALAM EKSPLORASI DESAIN ARSITEKTUR

'Kapan 'Momen Sputnik' akan terjadi dalam dunia arsitektur?' Pertanyaan ini saya ajukan dalam sebuah kuliah di *Architectural Association* (AA) pada Mei 2022, setelah merujuk pada 'Momen Sputnik' tahun 2016, saat Tiongkok mulai menyadari berbagai kemungkinan yang ditawarkan oleh kecerdasan buatan (AI). Jelas, sebuah pertandingan permainan Go tidaklah cukup untuk membuat komunitas arsitektur sadar akan potensi AI. Yang dibutuhkan oleh para arsitek adalah bukti kemampuan AI dalam menghasilkan gambar yang meyakinkan.



Gambar 6.7 ZHA/Refik Anadol, Studi DALL-E 2 (2022), dihasilkan menggunakan DALL-E 2. Gambar-gambar ini dibuat melalui kolaborasi dengan Refik Anadol.

Akan tetapi, kolaborasi yang sukses antara Refik Anadol dan ZHA dalam sebuah proposal untuk memproyeksikan citra hasil kecerdasan buatan (AI) ke permukaan Dongdaemun Design Plaza sebuah kompleks di Seoul, Korea Selatan, yang dirancang oleh ZHA meyakinkan Schumacher bahwa AI juga dapat digunakan untuk menghasilkan gagasan, atau yang disebut sebagai 'ideasi'. Sebelumnya, ia tidak pernah yakin dengan kualitas maupun resolusi citra yang dihasilkan menggunakan GAN (*Generative Adversarial Networks*). Namun, setelah ZHA mulai bekerja sama dengan Anadol menggunakan DALL-E 2, Schumacher mulai menyadari kemajuan signifikan yang ditawarkan oleh model difusi (*diffusion models*) dalam hal kualitas dan resolusi citra yang dihasilkan: "Berkat ajakan Refik, kami mulai mendalami penggunaan AI melalui DALL-E 2 bahkan sebenarnya kami sudah memulainya sebelum DALL-E 2 dirilis dan ketika DALL-E 2 akhirnya muncul, kemungkinannya pun berubah drastis. Saya pun akhirnya yakin akan potensi kreatif yang luar biasa dari perangkat-perangkat ini, terutama saat kualitas yang dihasilkan sudah cukup baik untuk benar-benar digunakan sebagai sarana ideasi praktik yang terus kami lakukan hingga saat ini." Bagi Schumacher, meskipun ini mungkin merupakan teknik baru, prosesnya memiliki banyak kesamaan dengan metode kerja analog yang ia gunakan sebelumnya:

> "Bagi saya, proses ini sangat mirip dengan cara saya memberikan instruksi verbal kepada tim, merujuk pada proyek atau gagasan terdahulu, serta menggunakan gestur tangan. Begitulah cara saya menghasilkan gagasan; saya bisa melakukannya secara langsung menggunakan MidJourney atau DALL-E 2, atau tim saya pun bisa melakukannya untuk saya. Menurut saya, ini adalah metode yang sangat ampuh."

ZHA kini memiliki kelompok riset internal yang cukup besar untuk menangani kecerdasan buatan (AI). Bagi Schumacher, DALL-E 2 mampu menghasilkan beragam opsi untuk sebuah proyek. Sering kali, muncul gagasan-gagasan menarik serta langkah-langkah formal yang kemudian dapat dimodelkan dalam bentuk 3D baik untuk bagian interior maupun eksterior meskipun tetap diperlukan kecermatan untuk memastikan bahwa sisi depan, belakang, samping, dan interiornya saling terhubung secara harmonis. Terlebih lagi, hasil awal yang diperoleh pun tampak cukup koheren, sehingga memudahkan proses pemodelan. Oleh karena itu, ZHA mulai menggunakan DALL-E 2, MidJourney, dan Stable Diffusion dalam tahap penggagasan awal tidak selalu untuk semua proyek, tetapi setidaknya untuk berbagai kompetisi guna mengeksplorasi spektrum opsi yang mungkin dihasilkan serta memperkaya perbendaharaan kemungkinan desain. Dari sekian banyak gambar yang dihasilkan oleh AI, ZHA biasanya memilih 10–15 persen di antaranya untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi model 3D.

Sebagian besar eksperimen awal ini menyertakan kata kunci ‘Zaha Hadid’ dalam perintah (*prompt*) yang diberikan, ditambah dengan berbagai atribut dan usulan programatik. Hasil-hasil tersebut kemudian diintegrasikan ke dalam portofolio karya firma ini, membentuk sebuah basis referensi yang dapat digunakan untuk memilih, mengiterasi, dan mengembangkan gagasan lebih jauh. Terkadang, hasil dari DALL-E 2, MidJourney, dan Stable

Diffusion ini bahkan diperlihatkan kepada klien sebagai sketsa awal untuk mengomunikasikan ide. Hal ini dimungkinkan karena aspek pencahayaan, bayangan, geometri, koherensi, serta kesan gravitasi dan tatanan yang dihasilkan begitu kuat, sehingga menjadi sarana yang efektif untuk mengilustrasikan konsep-konsep awal. Bagi Schumacher, semua ini memberikan ruang eksplorasi yang sangat memberdayakan.

Tujuan jangka panjang firma ini adalah mengembangkan jaringan sendiri untuk pembuatan gambar berbasis AI, yang akan dijalankan melalui infrastruktur server internal di pusat data mereka. Saat ini, mereka telah memanfaatkan *Low-Rank Adaptation* (LoRA) sebuah teknik untuk menyempurnakan (*fine-tuning*) model Stable Diffusion guna mengembangkan model bangunan tinggi (*tower*) maupun rencana induk (*masterplan*) berdasarkan basis data visual (*render*) milik mereka sendiri.

Adopsi model-model difusi ini oleh salah satu firma arsitektur paling terkemuka di dunia merupakan langkah yang sangat signifikan dalam upaya memperkenalkan teknik AI generatif ke dalam praktik arsitektur arus utama. Akan tetapi, penggunaan AI di kantor ZHA tidak terbatas pada pembuatan gambar. ZHA juga berkolaborasi dengan Immanuel Koh, mantan mahasiswa di AA DRL, untuk mengembangkan teknik yang efektif dalam mengubah gambar 2D yang dihasilkan oleh model difusi menjadi bentuk 3D. Kantor ZHA turut memanfaatkan teknik algoritmik pembelajaran mesin (*machine learning*) dan jaringan saraf tiruan (*neural networks*) untuk mengembangkan konfigurasi serta optimasi yang lebih rasional dan berbasis modul, sekaligus menguji kejelasan usulan desain serta aspek orientasi dalam ruang-ruang yang kompleks. Hal ini pada dasarnya merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya mengenai hubungan antara organisasi spasial dan perilaku sosial.



Gambar 6.8 ZHA, Studi Ideasional (2023), dibuat menggunakan MidJourney. Ini merupakan studi ideasional untuk sebuah kompleks di pesisir Mediterania.

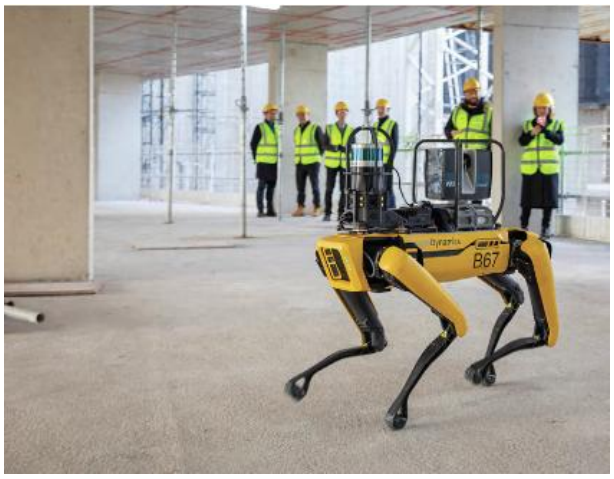


Gambar 6.9 Model Rencana Induk (*Masterplan*) ZHA, LORA (2023), yang dihasilkan menggunakan basis data render rencana induk ZHA.

Namun, John Frazer salah satu mantan pengajar Zaha di AA merasa agak skeptis terhadap penggunaan model difusi ini di kantor ZHA:

> Dalam beberapa contoh karya terbaik Zaha terutama yang melibatkan peran signifikan Cristiano Ceccato, seperti proyek bandara di Beijing pengaruh utamanya berasal dari analisis yang sangat cerdas mengenai pergerakan pejalan kaki, lalu lintas, pergerakan pesawat, dan sebagainya. Dalam karya tersebut, lingkungan dan bentuk spasial terpadu menjadi satu kesatuan yang dirancang dengan sangat logis dan matang. Logika inilah yang kemudian melahirkan bentuk-bentuk eksotis yang memanjakan mata. Menurut saya, eksperimen yang tengah dilakukan ZHA [dengan model difusi] ini sangat berbahaya. Mereka berisiko mendangkalkan karya mereka sendiri atau karya Zaha dengan menyiratkan bahwa karya tersebut hanya sebatas bentuk visual semata. Hal ini terjadi karena algoritma tersebut berfokus pada efek visual, sehingga ia hanya mereplikasi dan menghasilkan objek yang tampak "bergaya Zaha".

Sebaliknya, Frazer berpendapat bahwa proyek-proyek terbaik Zaha mengikuti logika internal yang sama: ‘Hal ini berkaitan dengan manusia, ruang, lingkungan, dan segalanya bukan sekadar aspek visual. Menyederhanakannya menjadi [aspek visual] saja menyiratkan bahwa keahlian Zaha hanyalah menciptakan bentuk-bentuk melengkung.’



Gambar 6.10 Kelompok *Applied Research and Development* (ARD) di Foster + Partners berkolaborasi dengan Boston Dynamics untuk mengeksplorasi bagaimana 'anjing' robot, Spot, dapat digunakan dalam konteks konstruksi. [Kredit: *Foster and Partners*]

Dengan demikian, masa depan tentu terletak pada kemungkinan untuk mengintegrasikan berbagai perangkat berbasis kecerdasan buatan (AI) yang digunakan di kantor ZHA dan juga di kantor-kantor lainnya sehingga hasil yang dicapai tidak hanya logis, tetapi juga menarik secara visual. Mengingat pesatnya perkembangan di bidang-bidang ini, mungkinkah kita akan melihat kemajuan yang tampak ambisius ini hadir lebih cepat dari yang kita bayangkan?

6.5 INTEGRASI AI UNTUK OPTIMASI DAN AUGMENTASI DESAIN ARSITEKTUR

Foster + Partners mengambil pendekatan yang sangat berbeda dibandingkan dengan ZHA dan Coop Himmelb(l)au. Firma ini tengah menjajaki berbagai penerapan teknologi disruptif, termasuk kecerdasan buatan (AI), yang dipelopori oleh riset dari kelompok *Applied Research and Development* (ARD) di bawah pimpinan Martha Tsigkari. Menurut mereka, AI memaksa mereka untuk keluar dari zona nyaman dan meninjau kembali segala hal yang selama ini dianggap sudah semestinya. Di saat yang sama, AI menawarkan peluang nyata dalam pemanfaatan data untuk mendukung tugas-tugas pemecahan masalah di dalam kantor:

> 'Di Foster + Partners, kelompok *Applied Research and Development* (ARD) berupaya mengubah pola pikir ini dengan merangkul pembelajaran mesin (*machine learning*). Tujuannya bukan untuk meniru atau menggantikan perancang, melainkan untuk memperkaya pengetahuan, naluri, dan kepekaan kami, membebaskan kami dari tugas-tugas rutin, serta mengoptimalkan dan memperluas batasan desain kami.'

Meskipun mereka juga menggunakan model difusi, mereka tidak terlalu tertarik untuk sekadar menggunakannya guna menghasilkan gambar. Seperti yang diungkapkan oleh Martha Tsigkari, 'Kami tidak menggunakan Midjourney, karena kami tidak tertarik hanya dengan menulis perintah (*prompt*) lalu mendapatkan gambar. Kami bukanlah pembuat gambar; pada akhirnya, kami adalah perancang bangunan dan pencipta pengalaman.' Sebaliknya, mereka berupaya menjaga kekayaan intelektual (*IP*) dan kerahasiaan dengan membangun sistem di server

mereka sendiri, serta memungkinkan para arsitek untuk memperkaya visualisasi model 3D yang telah mereka buat. Ini bukan berarti mereka tidak pernah menggunakan model difusi untuk menghasilkan gambar; mereka memandang hal tersebut hanya sebagai bagian kecil dalam proses kreatif tidak jauh berbeda dengan mencari gambar secara daring untuk ditempelkan di dinding sebagai inspirasi pada tahap awal perancangan.

Bukan berarti pula firma ini tidak mementingkan kreativitas. Bagaimanapun, Foster + Partners telah melahirkan berbagai solusi yang sangat kreatif selama lebih dari lima puluh tahun. Hanya saja, mereka tidak tertarik menggunakan data dari karya-karya sebelumnya untuk menghasilkan karya yang baru. Tsigkari menambahkan: 'Tujuan kami bukanlah untuk menggantikan para perancang kami atau mencoba meniru desain yang telah kami buat dengan melatih kumpulan data (*dataset*) menggunakan desain yang sudah pernah kami hasilkan. Kami yakin bisa melakukan yang lebih baik dari itu, dan kami mampu mengerjakannya sendiri. Jadi, inti dari proses ini adalah: bagaimana model-model tersebut dapat membantu menciptakan perangkat asisten desain yang memungkinkan kami bekerja lebih cepat dan lebih baik?'

Grup ARD lebih tertarik menggunakan AI secara praktis untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi operasional kantor, alih-alih sekadar untuk menghasilkan desain: 'Apa yang kami upayakan dan terus kami lakukan sejak mulai mendalami hal ini pada tahun 2017 adalah memahami bagaimana proses dan perangkat tersebut dapat mendukung kebutuhan bisnis spesifik kami. Pertama, bagaimana teknologi ini membantu otomatisasi dan mempercepat perolehan hasil untuk solusi-solusi yang memang dapat dikerjakan secara otomatis melalui pendekatan analitis. Kedua, bagaimana kami bisa mencapai augmentasi kreatif.'

Grup ARD telah mengeksplorasi dua cara khusus untuk mengintegrasikan AI ke dalam proses desain. Cara pertama adalah melalui *surrogate modelling* (pemodelan pengganti): 'Apa itu *surrogate model*? Ini adalah model pembelajaran mesin (*machine learning*) yang dilatih menggunakan sejumlah besar data untuk memberikan saran atau prediksi mengenai hal-hal yang sudah kita ketahui. Sebagai contoh, jika kita ingin menganalisis konektivitas spasial dan visual, proses analisis tersebut bisa memakan waktu cukup lama untuk area lantai yang luas. Namun, jika kita melatih sistem untuk memprediksi hasilnya, prediksi tersebut dapat diperoleh hanya dalam sepersekian detik. Apakah prediksinya akurat seratus persen? Tidak, tingkat akurasinya sekitar 90–95 persen. Apakah itu masalah? Tidak, karena tingkat akurasi tersebut sudah cukup untuk mengambil keputusan yang tepat sejak tahap awal proses desain, sekaligus memungkinkan kami untuk beralih antaropsi dengan sangat cepat.'

Proses analisis tradisional untuk simulasi teknik seperti deformasi struktural, radiasi matahari, dan pergerakan pejalan kaki memakan waktu yang berharga, bahkan bisa memakan waktu berjam-jam atau berhari-hari untuk diselesaikan. ARD Group menjawab tantangan ini dengan menerapkan *surrogate model* (model pengganti) model analisis sederhana yang dapat meniru atau memodelkan perilaku sistem yang kompleks. Pendekatan ini secara signifikan mengurangi waktu yang dibutuhkan, sehingga memungkinkan arsitek untuk mengeksplorasi ruang desain dengan lebih cepat dan efisien. Sebagaimana dicatat oleh Tsigkari, "Untuk mengatasi masalah ini, kita perlu memberikan hasil kepada perancang dalam waktu yang

hampir seketika (*near real-time*). Oleh karena itu, ARD Group meneliti penggunaan *surrogate model*, yaitu model prediktif yang secara komputasi lebih 'murah' dan dibangun berdasarkan sejumlah hasil simulasi yang dipilih secara cerdas. Dengan demikian, perancang bisa mendapatkan hasil perkiraan simulasi secara *real-time*, yang cukup memadai untuk pengambilan keputusan yang cepat." Model-model ini dibuat agar dapat diakses di seluruh kantor melalui serangkaian *plug-in* pembelajaran mesin (*machine learning*) yang dikembangkan secara internal untuk mempercepat proses desain.

Bidang kedua di mana AI digunakan secara eksplisit di Foster + Partners adalah dalam "bantuan desain" (*design assistance*). Dalam konteks ini, sistem AI bekerja berdampingan dengan perancang selama proses kreatif misalnya melalui *Multi-Objective Optimisation* (MOO) yang berfungsi layaknya "prostesis" atau alat bantu dalam perancangan. Perusahaan ini menggunakan *Hydra*, sebuah platform komputasi terdistribusi yang dikembangkan secara internal. Platform ini memanfaatkan algoritma genetika sebagai alat optimasi tahap awal untuk model perkotaan berskala besar, dengan luas lantai total (*Gross Floor Area*/GFA) mencapai hingga 12 juta meter persegi. Tujuannya bukan untuk memberikan satu prediksi tunggal, melainkan menawarkan ruang solusi dengan berbagai dimensi dan kriteria bahkan untuk tujuan-tujuan yang mungkin saling bertentangan. Pendekatan ini membantu para perancang untuk mengambil keputusan yang lebih tepat, lebih berdasar, dan lebih cepat, namun tetap menyerahkan keputusan kreatif sepenuhnya di tangan mereka.

Hal ini dimungkinkan berkat investasi berkelanjutan perusahaan dalam mengembangkan kombinasi komputasi paralel masif pada tingkat GPU serta komputasi klister teknologi yang menjadi penggerak utama revolusi AI. Dalam konteks ini, teknologi tersebut tidak hanya digunakan untuk melatih jaringan saraf tiruan (*neural networks*), tetapi juga untuk mempercepat simulasi kinerja dalam perancangan bangunan secara signifikan. Salah satu contohnya adalah Cyclops, sebuah mesin *ray-tracing* berbasis GPU yang dikembangkan secara internal untuk mendukung analisis kualitas pandangan (*quality of view*) serta analisis lingkungan.

Sistem semacam ini menghasilkan data desain dalam jumlah besar, yang menjadi pilar penting lainnya dalam revolusi kecerdasan buatan (AI). Kumpulan data (*dataset*) ini dapat dimanfaatkan untuk membangun model prediktif di masa depan, yang kemudian dapat digunakan oleh berbagai pemangku kepentingan dan diintegrasikan ke dalam alur kerja desain mereka. Pendekatan ini menuntut peninjauan kembali secara mendasar mengenai bagaimana data desain didistribusikan. Hal ini mendorong kelompok ARD untuk berinvestasi dalam penelitian mengenai penerapan paradigma penyampaian perangkat lunak modern seperti DesignOps dan MLOps ke dalam proses desain. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memahami serta memanfaatkan berbagai teknologi terkini tersebut guna mengurangi inefisiensi operasional dalam alur kerja desain, sekaligus menghasilkan desain yang lebih berkualitas melalui kemajuan teknologi. DesignOps berfokus pada penerapan penyempurnaan desain dan penyampaiannya kepada para pengguna (*desainer*) secepat dan semulus mungkin.

Kelompok ini juga telah berkolaborasi dengan Autodesk dalam proyek-proyek penelitian berbasis kecerdasan buatan (AI) yang terarah, yang diintegrasikan ke dalam proses

desain. Dalam proyek tersebut, mereka meneliti material cerdas serta penggunaan *Generative Adversarial Networks* (GAN) untuk menghitung deformasi termal pada material laminasi, sehingga mempercepat proses desain. Manfaat dari penelitian semacam ini sangat jelas. Sebagaimana diungkapkan oleh Tsigkari, "Bayangkan kita memiliki material laminasi yang bersifat termoaktif dan teraktivasi secara pasif, yang dapat mengalami deformasi berdasarkan kondisi termal yang berbeda-beda. Sebagai perancang, kita berfokus pada titik awal dan titik akhir deformasi tersebut seperti apa bentuknya saat dalam kondisi diam dan seperti apa bentuk yang diinginkan saat dipanaskan karena hal itulah yang menentukan desain kita. Untuk mengendalikannya, kita perlu mengetahui cara mengatur lapisan laminasi; sebuah proses yang memerlukan analisis non-linear dan memakan banyak waktu. Sebagai alternatif, kita dapat menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk melatih sistem agar mampu memprediksi susunan lapisan laminasi tersebut dan memberikan umpan balik secara *real-time* kepada perancang."

Model bahasa besar (*Large Language Models* atau LLM) juga dimanfaatkan untuk penyebaran pengetahuan melalui pengembangan sistem basis pengetahuan. Hal ini membantu para arsitek mengakses berbagai basis pengetahuan yang disusun oleh tim pendukung di dalam kantor misalnya terkait pedoman desain yang berlaku di seluruh kantor tanpa harus membebani tim pendukung tersebut. Inisiatif ini juga diperluas untuk membangun basis pengetahuan mengenai detail arsitektural dari proyek-proyek sebelumnya. Pada saat yang sama, perusahaan sangat berhati-hati dalam menggunakan sistem ini; mereka memastikan perlindungan terhadap kekayaan intelektual (*Intellectual Property*) serta menerapkan mekanisme pengaman (*fail-safe*) untuk mengantisipasi sifat probabilistik dari model-model tersebut. Selain itu, kantor ini juga tengah mengembangkan aplikasi berbasis AI untuk memperoleh wawasan dari data operasional maupun wawasan bisnis. Terakhir, kelompok ARD juga telah menjajaki potensi penggunaan Spot robot ‘anjing’ bergerak yang diproduksi oleh Boston Dynamics dengan melengkapinya menggunakan teknologi pemindaian untuk memeriksa proses konstruksi bangunan. Tujuannya adalah membandingkan model rancangan awal dengan realitas fisik bangunan yang telah terbangun, serta melakukan pemindaian, registrasi, dan pelaporan progres di lokasi konstruksi secara semi-otonom guna mengumpulkan data untuk kebutuhan *digital twin* (kembaran digital). “Salah satu tujuan utama kami menggunakan Spot adalah untuk menguji kelayakan alur kerja otomatis menyeluruh (*end-to-end*) dalam menangkap data model tiga dimensi untuk *digital twin*. Sebelumnya, saat belum menggunakan Spot, pengumpulan data langsung di lokasi sering kali menghadapi berbagai kendala. Meskipun setiap lokasi proyek berbeda, terdapat tiga tugas utama yang harus dilakukan dalam pengumpulan data untuk *digital twin*, yaitu: pemindaian, registrasi, dan pelaporan.” Selain itu, terdapat pula potensi untuk memanfaatkan robot semacam ini guna memantau dan dengan demikian memprediksi aktivitas pengguna di dalam bangunan setelah gedung tersebut ditempati. Uji coba ini menunjukkan bagaimana Spot meskipun tidak luput dari berbagai tantangan dapat membantu mengotomatiskan proses-proses tersebut.

6.6 AI DAN TRANSFORMASI PERAN ARSITEK MASA DEPAN

Dalam bab ini, kita telah meninjau tiga firma arsitektur terkemuka Coop Himmelb(l)au, ZHA, dan Foster + Partners yang masing-masing menerapkan pendekatan berbeda dalam penggunaan AI di lingkungan kerja mereka. ZHA memanfaatkan berbagai model difusi generik, terutama untuk tahap penggagasan (ideasi) di awal proyek. Coop Himmelb(l)au telah berinvestasi secara signifikan untuk mengembangkan model difusi yang disesuaikan dengan kebutuhan mereka sendiri. Sementara itu, Foster + Partners lebih berfokus pada penggunaan AI untuk mempercepat alur kerja desain di dalam kantor. Dengan kata lain, jika ZHA dan Coop Himmelb(l)au menggunakan AI meski bukan satu-satunya tujuan terutama untuk menghasilkan desain yang progresif, maka Foster + Partners menggunakan AI untuk meningkatkan produktivitas.

Meskipun ketiga firma ini belum mencakup seluruh spektrum jenis kantor dalam profesi yang kini tengah berupaya memahami tantangan serta peluang AI, ketiganya tetap menyajikan contoh representatif yang menarik mengenai bagaimana firma-firma ternama berinteraksi dengan teknologi AI. Dan terlepas dari perbedaan pendekatan yang diambil, mereka semua memandang peran utama AI sebagai sarana untuk memperkuat operasional seorang arsitek.

‘Arsitek Masa Depan Akan Menjadi Sosok yang Diperkuat (Augmented).’

Namun, mari kita sejenak merenungkan pendekatan khusus yang diterapkan oleh Foster + Partners. Sejauh mana kecerdasan buatan (AI) benar-benar dapat mempercepat proses desain dan meningkatkan produktivitas? Bagi sebagian besar kantor, mungkin inilah pertanyaan yang paling krusial. ‘Menurut saya, kita sudah memiliki jawaban mengenai apakah AI akan mengubah cara kerja,’ ujar Ethan Mollick, merujuk pada sebuah makalah yang ia tulis bersama rekan-rekannya di Harvard Business School. Mollick merupakan bagian dari tim ilmuwan sosial yang bekerja sama dengan Boston Consulting Group untuk menguji peningkatan kinerja yang ditawarkan oleh ChatGPT-4 bagi para konsultan di perusahaan tersebut.

Hasilnya: ‘Para konsultan yang menggunakan ChatGPT-4 menunjukkan kinerja yang jauh lebih unggul dibandingkan mereka yang tidak menggunakannya dalam setiap dimensi dan setiap tolok ukur kinerja yang kami gunakan. Konsultan yang memanfaatkan AI mampu menyelesaikan tugas 12,2% lebih banyak, merampungkan pekerjaan 25,1% lebih cepat, serta menghasilkan karya dengan kualitas 40% lebih baik dibandingkan mereka yang tidak menggunakan AI.’ Dengan kata lain, AI terbukti memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan produktivitas, mempercepat operasional, serta memperbaiki kualitas hasil akhir.

Studi ini bersifat umum karena melibatkan konsultan bisnis, bukan arsitek. Selain itu, studi ini menggunakan ChatGPT, bukan perangkat lunak desain arsitektur khusus. Meski demikian, temuan ini tidak boleh diabaikan; hasilnya sangatlah signifikan. Lantas, bagaimana kaitannya dengan industri kreatif? Apakah temuan ini relevan bagi dunia arsitektur? Faktanya, sebagian dari studi tersebut memang mencoba menilai dampak AI terhadap kreativitas. Para peserta diminta untuk mengajukan ide desain sepatu mulai dari tahap konseptualisasi hingga

peluncuran ke pasar sebuah tantangan yang mungkin tidak jauh berbeda dengan proses merancang dan membangun sebuah gedung. Yang lebih penting lagi, studi ini mengukur peningkatan dalam hal kualitas serta kuantitas/kecepatan produksi. Bagi firma arsitektur yang sangat mengutamakan kualitas desain seperti ZHA atau Coop Himmelb(l)au dorongan utama untuk mengadopsi AI adalah demi meningkatkan kualitas hasil karya mereka. Bagaimanapun, kecerdasan buatan (AI) telah digunakan untuk meningkatkan proses perancangan, terutama dalam menghasilkan ide untuk berbagai kompetisi yang penilaiannya didasarkan pada kualitas desain. Desain yang lebih baik tentu memiliki peluang lebih besar untuk menang. Di sisi lain, bagi firma arsitektur yang mengutamakan efisiensi operasional seperti Foster + Partners dorongan utama untuk mengadopsi perangkat berbasis AI adalah untuk mempercepat proses perancangan. Bisa dikatakan bahwa kedua motivasi ini akan berlaku bagi semua firma arsitektur, dalam tingkat yang berbeda-beda. Oleh karena itu, meskipun studi ini tidak secara eksplisit membahas aspek-aspek arsitektural, signifikansinya terhadap perancangan arsitektur sangatlah besar.

Dalam beberapa tahun ke depan, kita akan melihat lebih banyak penelitian yang berfokus pada bagaimana AI dapat membantu tidak hanya proses perancangan arsitektur, tetapi juga tahap konstruksi hingga operasional pascakonstruksi. Kita juga dapat mengantisipasi adopsi perangkat ini secara menyeluruh oleh berbagai firma arsitektur, seiring dengan memudarnya resistensi dan tumbuhnya kesadaran di kalangan arsitek bahwa perangkat tersebut telah menjadi kebutuhan yang tak tergantikan terutama jika mereka ingin tetap kompetitif di pasar yang kian sengit persaingannya. Arsitek masa depan akan menjadi sosok yang kemampuannya diperkuat oleh teknologi.

BAB 7
MASA DEPAN PERANCANGAN ARSITEKTUR DI ERA AI

Peran apa yang akan dimainkan oleh AI dalam masa depan kantor arsitektur? Dari perspektif kantor arsitektur pada umumnya, hingga saat ini penerapan AI yang paling lazim adalah melalui perangkat lunak berbasis AI yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak arsitektur yang sudah ada, seperti Autodesk. Faktanya, banyak perangkat lunak Autodesk termasuk Fusion 360 telah dilengkapi dengan kemampuan AI. Visi di Autodesk seperti di tempat lain bukanlah mengenai 'AI versus manusia', melainkan 'AI yang membantu manusia'. Untuk masa mendatang, AI akan hadir dalam bentuk asisten berbasis AI.

Mike Haley memberikan prediksi pribadinya mengenai seperti apa rasanya bekerja di kantor masa depan. Menurut Haley, kelak kita semua akan berkomunikasi dengan komputer kita dan memberikan instruksi berdasarkan apa yang terlihat di layar:

Haley: "Oke Autodesk, saya ingin merancang sebuah kursi."

Autodesk: "Berikut adalah beberapa kursi yang populer. Silakan lihat dan pilih beberapa contoh untuk memberi saya gambaran mengenai jenis kursi yang Anda inginkan."

Haley: "Oke, saya sedang memilih beberapa. Bisakah Anda menampilkannya secara bersamaan?"

Autodesk: "Baik, ini adalah kursi-kursi yang Anda pilih."

Haley: "Oke. Kursi-kursi itu menarik. Bisakah Anda menggabungkan semua kemungkinan pasangan dari kursi-kursi tersebut? Cari tahu apa yang ada di antara kursi-kursi itu."

Autodesk: 'Baik. Ada 15 pasangan yang mungkin. Saya sedang melakukan transisi bentuk di antara semua pasangan tersebut, menghasilkan beragam kombinasi.'

Haley: 'Oke. Saya ingin menjelajahi ruang di antara bentuk-bentuk ini. Bisakah kamu menggabungkan, mencampur, dan memadukan desain-desain ini untuk saya?'

Autodesk: 'Ini ada 5 kemungkinan untuk setiap pasangan dari 15 pasangan tersebut. Jadi, total ada 75 desain yang mungkin.'

Dan seterusnya.

Ini bukanlah visi yang tidak realistis. Bagaimanapun, sebagian besar teknologi untuk skenario ini sudah tersedia. Kita sudah terbiasa berbicara dengan ChatGPT, Siri, Alexa, dan asisten AI lainnya. Jadi, mengapa kita tidak bisa berbicara dengan komputer kita sendiri? Namun, ada satu aspek yang mungkin kurang meyakinkan. Dalam skenario simulasi ini, komputer menampilkan serangkaian 'kursi populer'. Bukankah bisa dikatakan bahwa di masa depan yang tidak terlalu jauh, komputer akan memahami preferensi kita dan mampu menyesuaikan pilihan yang disajikan? Dengan kata lain, komputer sudah mengetahui desain kursi seperti apa yang kita sukai. Alih-alih mengatakan, 'Ini beberapa kursi populer,' komputer kemungkinan besar akan berkata, 'Ini beberapa desain baru yang mungkin Anda sukai.' Tidak hanya itu, dalam waktu dekat, AI pasti akan mampu menghasilkan opsi desain baru yang disesuaikan dengan preferensi estetika kita yang telah diketahui.

7.1 AI DAN PENYEDERHANAAN PROSES KERJA DALAM ARSITEKTUR

Randy Deutsch menawarkan visi yang sedikit berbeda. Ia meyakini bahwa kantor masa depan akan didominasi oleh apa yang ia sebut sebagai 'Superuser' spesialis teknologi desain yang 'berkinerja tinggi, berfungsi optimal, sangat terhubung, dan bermotivasi tinggi' yang menurutnya 'mewakili masa depan arsitektur dalam waktu dekat'. Dalam beberapa tahun terakhir, kita memang telah menyaksikan berkembangnya unit riset berbasis komputasi canggih di banyak firma arsitektur terkemuka seperti *Specialist Modelling Group* dan *Applied Research and Development* (ARD) Group di *Foster + Partners, Gehry Technologies* di *Gehry and Partners*, serta ZHA Code di *Zaha Hadid Architects*, untuk menyebut beberapa contoh. Dalam banyak kasus, tim-tim ini terbukti sangat penting karena mampu memanfaatkan keahlian komputasi tingkat lanjut untuk menjawab tantangan desain di dunia arsitektur yang kini semakin kompleks.

Namun, apakah kehadiran kecerdasan buatan (AI) di kantor arsitektur akan serta-merta memperluas tren ini lebih jauh? Paradoks teknologi terletak pada kenyataan bahwa meskipun mungkin bergantung pada komputasi yang kian rumit dan AI tentu tidak terkecuali teknologi tersebut justru menjadi semakin mudah digunakan oleh pengguna pada umumnya. Perhatikan cara kita 'menggeser' (*swipe*) layar ponsel, atau penggunaan teknologi pengenalan wajah untuk membuka kunci perangkat. Bahkan, dengan adanya pengenalan wajah, kelak kita mungkin tidak perlu lagi membawa paspor, kunci, kartu kredit, atau uang tunai. Faktanya, di Tiongkok, pembayaran barang menggunakan teknologi pengenalan wajah sudah bisa dilakukan. Secara paradoks, teknologi yang secara komputasi kompleks justru sering kali membuat hidup menjadi lebih sederhana, bukan sebaliknya.

Bukan berarti menciptakan kemajuan teknologi yang tampak begitu mudah ini adalah hal yang sederhana. Sebaliknya, proses tersebut justru sangat menantang. Logikanya mirip dengan prinsip dalam arsitektur minimalis. Agar arsitektur minimalis tampak sederhana dan ringan, diperlukan upaya yang sangat besar untuk menyelesaikan berbagai kompleksitas yang ada. Detail-detail harus dikendalikan dengan sangat cermat, dan sambungan-sambungan harus disembunyikan. Kesederhanaan dan kesan tanpa beban tidaklah tercipta dengan mudah.

Oleh karena itu, kemungkinan besar AI justru akan membuat hidup menjadi lebih mudah dan sederhana. Dalam hal ini, terdapat kemiripan dengan peristiwa diperkenalkannya perangkat lunak Grasshopper. Siapa pun yang pernah menghabiskan waktu berjam-jam atau bahkan berhari-hari dengan susah payah menulis kode dalam RhinoScript, MEL (*Maya Embedded Language*), Visual Basic, 3dMaxScript, atau bahasa pemrograman komputer lainnya, pasti paham betapa jauh lebih mudahnya bekerja menggunakan Grasshopper sebuah *plug-in* untuk Rhino yang tidak lagi memerlukan penulisan kode karena menggunakan bentuk informasi berupa piktogram. Bisa dibilang, penggunaan kecerdasan buatan (AI) akan membuat proses tersebut menjadi jauh lebih mudah lagi. Hal ini sejalan dengan pandangan Haley bahwa ke depannya, kita cukup berkomunikasi dengan komputer kita melalui percakapan lisan.

7.2 KOLABORASI ANTARA KEMUDAHAN AI DAN KEAHLIAN KOMPUTASI DALAM ARSITEKTUR

Di sini, kita dihadapkan pada dua skenario yang sangat berbeda. Di satu sisi, Haley meyakini bahwa kita akan segera memiliki aplikasi AI yang ramah pengguna untuk mempermudah proses desain bahkan sampai pada titik di mana pengguna mungkin tidak perlu menggambar apa pun, apalagi memiliki pemahaman mendalam tentang teknologinya. Di sisi lain, Deutsch berpendapat bahwa kantor masa depan akan diisi oleh para *superuser* yang memiliki kemampuan komputasi tingkat lanjut.

Pada akhirnya, kedua situasi ini kemungkinan besar akan terjadi secara bersamaan. Sebagian besar pengguna akan mendapati bahwa perangkat berbasis AI sangat mudah digunakan, sementara sebagian lainnya mungkin ingin melakukan kustomisasi untuk memanfaatkan potensi penuh dari perangkat tersebut. Singkatnya, meskipun Haley benar dalam berasumsi bahwa AI akan mempermudah pekerjaan pengguna pada umumnya, Randy Deutsch juga benar dalam berasumsi bahwa kantor masa depan akan didominasi oleh teknologi digital dan peran *superuser* akan menjadi semakin signifikan.

7.3 SPACEMAKER DAN TRANSFORMASI PERANCANGAN BERBASIS AI

Saat ini, terdapat banyak perusahaan rintisan (*start-up*) yang mengembangkan perangkat berbasis AI untuk firma arsitektur. Namun, ada dua pelopor awal yang menonjol, baik dari segi skala maupun investasi yang berhasil mereka peroleh: Spacemaker AI (Spacemaker)/Forma dan XKool Technology (XKool)/LookX.ai (LookX). Demi penyederhanaan, mari kita fokus pada kedua perusahaan ini saja dan membandingkan strategi mereka yang berbeda.



Gambar 7.1 Lund Hagem Architects, Pengembangan Tjeldbergvika, Svolvaer, Norwegia (2019). Spacemaker AI digunakan untuk mengoptimalkan kondisi paparan sinar matahari, pemandangan laut, arah angin, pencahayaan alami, dan tingkat kebisingan.

Spacemaker AI (*Spacemaker*) pendahulu dari apa yang kini disebut sebagai Forma diluncurkan di Oslo, Norwegia, pada akhir tahun 2016 oleh arsitek Håvard Haukeland, insinyur komputer Carl Christensen, dan analis keuangan Anders Kvale. Spacemaker segera mulai

merambah pasar. Dalam putaran pendanaan modal ventura yang signifikan, perusahaan ini berhasil mengumpulkan dana sebesar Rp 250 juta. Menjelang akhir tahun 2017, Spacemaker dinobatkan sebagai salah satu dari 500 perusahaan rintisan (*startup*) paling menarik oleh *Hello Tomorrow*. Pada tahun 2018, perusahaan ini disebut sebagai 'tempat kerja paling diminati' oleh surat kabar bisnis terkemuka di Norwegia, Dagens Næringsliv. Kemudian pada tahun 2019, Spacemaker meraih gelar 'Startup Tahun Ini' di Norwegia. Pada tahun 2020, Spacemaker telah memiliki lebih dari 100 karyawan, dengan kantor cabang di Barcelona, Stockholm, dan Cambridge, Massachusetts lokasi yang dekat dengan kampus Harvard dan MIT. Pada bulan November 2020, diumumkan bahwa Spacemaker telah diakuisisi oleh Autodesk senilai Rp 2,4 triliun. Pada tahun 2022, Spacemaker berganti nama menjadi Forma.

Tujuan awal di balik Spacemaker adalah menemukan cara paling cerdas untuk mewujudkan potensi dari suatu lahan pembangunan. Spacemaker dirancang terutama untuk digunakan oleh para profesional di bidang pengembangan properti. Sebagaimana diungkapkan oleh Steve O'Hear, Spacemaker yang digambarkan sebagai perangkat lunak simulasi desain dan konstruksi berbasis kecerdasan buatan (AI) pertama di dunia untuk sektor pengembangan properti memungkinkan para profesional seperti pengembang real estat, arsitek, dan perencana kota untuk dengan cepat menghasilkan serta mengevaluasi desain lingkungan yang optimal bagi pengembangan hunian yang terdiri dari banyak bangunan. Untuk mencapai hal ini, perangkat lunak Spacemaker mengolah berbagai data, termasuk data fisik, regulasi, faktor lingkungan, dan preferensi lainnya.

Gagasan dasar Spacemaker muncul karena perancangan bangunan di lingkungan perkotaan menjadi semakin menantang bagi para arsitek. Terdapat terlalu banyak data dan kompleksitas yang harus dihadapi. Di sinilah peran Spacemaker. Tim Spacemaker memandang peran mereka sebagai upaya menerjemahkan arsitektur ke dalam bahasa matematika. Untuk itu, Spacemaker mengembangkan sebuah mesin yang mampu menghasilkan, mengoptimalkan, dan menganalisis berbagai solusi rancangan bangunan berdasarkan data masukan serta preferensi yang ditetapkan oleh pengguna.

Setelah lokasi ditentukan dan berbagai batasan serta parameter dimasukkan, mesin AI akan mulai bekerja, dan arsitek akan disuguhi serangkaian solusi yang telah dioptimalkan. Seperti yang dijelaskan oleh Bilal Chowdhry, Ini berarti para arsitek kini dapat mengeksplorasi beragam alternatif solusi untuk suatu lahan, alih-alih hanya terbatas pada segelintir pilihan saja. Pada saat yang sama, solusi-solusi yang ditinjau tersebut bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang sekaligus memenuhi persyaratan dan regulasi yang berlaku di area tersebut. Dengan demikian, arsitek dapat bekerja dengan cara yang benar-benar berbeda, melalui proses yang jauh lebih informatif dan bersifat iteratif.

Hasilnya bukan sekadar perubahan pada proses perancangan itu sendiri, melainkan juga perubahan dalam cara arsitek merancang, di mana AI berperan sebagai "asisten tak terlihat". Selain itu, Spacemaker menyediakan platform berbasis cloud yang memungkinkan berbagai pemangku kepentingan dalam suatu proyek untuk berkolaborasi dalam mempelajari "model pengganti" (*surrogate models*) dari bangunan yang diusulkan. Hal ini memungkinkan mereka untuk melakukan 'pertimbangan kompromi' (*trade-off*) terhadap berbagai faktor

kinerja secara waktu nyata (*real-time*), sehingga mereka dapat dengan cepat menemukan solusi yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka. Dalam konteks ini, Haukeland memandang platform tersebut menawarkan 'nilai bagi pelanggan' yang memiliki daya tarik khusus bagi klien dari kalangan pengembang. Bahkan, sebagaimana diamati oleh Haukeland, para pengembang kini mulai menuntut agar arsitek menggunakan kecerdasan buatan (AI) dalam proses perancangan, demi menemukan solusi yang paling efektif dan efisien: 'Para pengembang benar-benar menginginkan arsitek menggunakan Spacemaker. Teknologi itu adalah sesuatu yang mereka inginkan. Hal tersebut menjadi persyaratan dari klien mereka.'

Komentar yang sepintas terdengar biasa saja ini patut disikapi dengan serius. Ini bisa jadi merupakan faktor terpenting yang akan memicu revolusi AI dalam profesi arsitektur. Klien akan menginginkan arsitek menggunakan AI untuk memaksimalkan pengembalian investasi (*Return on Investment*/RoI) serta mengoptimalkan kinerja bangunan mereka. Namun, di saat yang sama, klien kini mulai mempertanyakan apakah mereka perlu membayar biaya jasa arsitek secara penuh, mengingat sebagian besar pekerjaan kini telah dilakukan oleh AI.

Sebagaimana dikemukakan oleh keluarga Susskind, faktor ekonomi akan menjadi pendorong utama perubahan. Sesederhana itu. Lupakan estetika progresif, lupakan eksperimentasi. Pikirkanlah mengenai biaya. Terlebih lagi, dampak jangka panjang AI akan terjamin begitu sebagian besar klien mulai menuntut agar arsitek yang mereka gunakan memanfaatkan AI. Setelah itu, dapat diprediksi bahwa para arsitek akan mulai membangun citra diri berdasarkan penggunaan AI dalam praktik mereka demi menarik klien sama seperti saat ini mereka menonjolkan sertifikasi LEED atau BREEAM sebagai bukti komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan.

Yang terpenting, platform ini memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi berbagai opsi yang berbeda. Itulah alasan di balik penamaan platform generatif awal dari Spacemaker, yaitu '*Explore*'. Kara Vatn menjelaskan cara kerja platform '*Explore*' tersebut: 'Melalui *Explore*, arsitek dan perencana kota dapat terus-menerus menghasilkan serta meninjau berbagai usulan lokasi, lalu memfokuskan dan melakukan iterasi baik pada tingkat makro maupun mikro. Pengguna dapat melakukan perubahan kapan saja selama proses perencanaan dan langsung melihat dampaknya serta opsi alternatif untuk lokasi tersebut semuanya dalam satu alur kerja yang cepat dan tanpa hambatan.'

Platform ini tidak hanya memperluas cakupan opsi yang tersedia, tetapi juga mampu menyarankan pilihan-pilihan yang mungkin tidak langsung terpikirkan. Bahkan, terkadang platform ini memunculkan usulan yang tidak pernah dibayangkan oleh arsitek mana pun, namun justru menawarkan solusi terbaik. Haukeland memberikan contoh spesifik dari sebuah proyek yang secara akrab mereka sebut sebagai proyek 'Jerapah' (*Giraffe*) di mana komputer mampu menemukan solusi yang justru bertolak belakang dengan apa yang dianggap tepat oleh seorang arsitek berpengalaman:

> Hal-hal yang menurut para arsitek merupakan langkah cerdas seperti membangun gedung tinggi di titik tertentu, atau mendirikan dinding bangunan yang padat semua gagasan yang muncul dari intuisi mereka (berbekal pengalaman menangani ratusan proyek) justru dibalik total. Sebab, ketika Anda dihadapkan pada kompleksitas masalah

> organisasi yang melibatkan berbagai tujuan (*multi-objective*). Anda tidak akan mampu melihat pola-pola yang justru bisa ditemukan oleh komputer. Jadi, yang terjadi adalah komputer berhasil menemukan pola untuk menyelesaikan masalah di lokasi tersebut sebuah solusi yang tidak akan pernah terpikirkan oleh Anda sendiri.

Sekali lagi, kemungkinan tersebut sebenarnya sudah ada sejak lama, namun seperti langkah ke-37 dalam pertandingan AlphaGo belum pernah terpikirkan oleh siapa pun sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa dari sudut pandang strategis, perencanaan dan permainan Go mungkin memiliki lebih banyak kesamaan daripada yang terlihat pada pandangan pertama. Platform ini berfungsi sebagai asisten berbasis kecerdasan buatan (AI), yang dirancang bukan untuk menggantikan arsitek, melainkan sebagai perpanjangan kemampuan perancang. Sebagaimana dijelaskan oleh Vatn: "Explore tidak menggantikan kreativitas, melainkan memberikan inspirasi. Platform ini menggunakan AI untuk menyajikan berbagai pilihan, namun penggunalah dengan memanfaatkan pengalaman mereka yang menentukan opsi mana yang ingin ditelusuri lebih lanjut. Pengguna tetap memegang kendali, sementara Spacemaker mendukung proses pengambilan keputusan mereka." Meskipun Spacemaker menggunakan AI, platform ini juga memanfaatkan berbagai teknologi lainnya. Seperti yang dikemukakan oleh Maria Dantz, AI belum tentu menjadi penggerak utama dalam proses mereka, setidaknya dari sudut pandang pelanggan:

> "Situs web kami saat ini memang berpusat pada AI, tetapi AI hanyalah salah satu bagian dari keseluruhan platform. Salah satu aspek yang paling disukai pengguna kami adalah analisisnya. Kemampuan untuk menggunakan dan mengombinasikan data dengan cara yang sebelumnya tidak dimungkinkan dalam sebuah model menjadi nilai tambah tersendiri. Data tersebut kemudian dapat diintegrasikan ke dalam optimalisasi perencanaan, di mana AI turut berperan. Jadi, AI hanyalah salah satu aspek, dan belum tentu menjadi faktor pendorong utama bagi setiap pelanggan kami."

Carl Christensen menggambarkan pendekatan mereka mirip dengan cara kerja mobil otonom (kendaraan swakemudi). Mobil otonom memang mengandalkan AI, tetapi juga bergantung pada berbagai teknologi lainnya. Mereka bereksperimen dengan beragam teknologi, termasuk *deep learning*, dengan tujuan untuk mengintegrasikan AI yang lebih canggih. Meski tim tidak mengungkapkan detail lengkap mengenai teknologi yang digunakan, fokus utama mereka tampaknya lebih tertuju pada optimalisasi topologi dan pembelajaran mesin (*machine learning*), alih-alih *deep learning*:

> "Ini merupakan perpaduan dari berbagai elemen, karena gagasan intinya adalah menyatukan semuanya ke dalam satu platform." Jadi, kami memang banyak menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*), tetapi kami juga memanfaatkan algoritma lain serta berbagai cara untuk memodelkan dunia. Secara umum, kami menyebutnya sebagai kecerdasan buatan (AI) sama halnya dengan mobil swakemudi yang merupakan bentuk AI. Ini adalah perpaduan dari berbagai elemen yang bekerja bersama untuk menghasilkan sesuatu. Kami menggunakan desain generatif, optimasi,

> serta model simulasi dunia. Kami juga menerapkan model pembelajaran mesin untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai model pengganti (*surrogate model*) untuk memahami lingkungan fisik seperti bagaimana mengubah suatu desain agar menjadi lebih baik dengan mempertimbangkan berbagai faktor secara sekaligus.

Memang, Christensen memandang peran AI sebagai sesuatu yang bertumpu 'di atas pundak manusia' baik untuk memberikan panduan maupun untuk membekali manusia dengan kemampuan super sehingga manusia tetap memegang kendali penuh. Ia menyatakan: 'Agar AI sukses, ia harus bertumpu di atas pundak manusia, memberikan mereka kemampuan super, bukan mendikte apa yang harus dilakukan. Jika tidak, itu akan seperti mobil otonom yang melaju ke mana pun ia mau.' Meski demikian, sebagaimana dijelaskan oleh Maria Dantz: 'Kami adalah platform AI, tetapi tujuan kami adalah memberdayakan pengguna. Jadi, kami tidak percaya bahwa AI akan menggantikan apa pun. Namun, kami sangat yakin bahwa di dunia kerja masa depan, arsitek yang menggunakan AI akan menggantikan arsitek yang tidak menggunakannya.' Akan tetapi, klaim ini sangat menyesatkan, karena menyiratkan bahwa satu orang yang menggunakan AI akan menggantikan satu orang lainnya.



Gambar 7.2 Schmidt Hammer Lassen Architects, Pengembangan Molobyen, Bodø, Norwegia, 2019–20. Spacemaker AI digunakan untuk mengoptimalkan desain dengan mempertimbangkan berbagai faktor.

Cedric Price pernah melontarkan pertanyaan terkenal: 'Teknologi adalah jawabannya, tetapi apa pertanyaannya?' Sebaliknya, bagi Haukeland, 'Teknologi hanyalah sarana untuk memecahkan masalah klien.' Haukeland memandang platform mereka sebagai 'alat berbasis kinerja untuk khalayak luas'. Hal ini memunculkan dua poin penting. Di satu sisi, ini menunjukkan bahwa AI tidak hanya dapat dipandang sebagai alat desain yang berorientasi pada estetika yang mampu menghasilkan desain-desain yang memukau secara visual, sebagaimana telah kita bahas pada bab sebelumnya tetapi juga sebagai alat desain berbasis kinerja yang menghasilkan solusi hemat biaya dan berorientasi pada performa. Di sisi lain, hal ini menyoroti betapa mudahnya teknologi tersebut digunakan oleh siapa pun di dalam sebuah firma arsitektur.

Masalah dengan perangkat parametrik selama ini adalah perangkat tersebut sering kali terlalu canggih untuk digunakan oleh banyak arsitek: "Hanya mereka yang sangat ahli dalam

hal parametrik di kantor yang mampu menggunakannya." Namun, dengan adanya AI, komputasi menjadi jauh lebih mudah digunakan. Hal ini bukan sekadar mengenai pengambilan keputusan yang cerdas melalui pertimbangan berbagai faktor; ini juga tentang memahami pentingnya keseluruhan sistem menyediakan perangkat sketsa yang cerdas serta mengintegrasikan seluruh proses desain ke dalam satu platform terpadu. Sebagaimana diamati oleh Haukeland.

> Menurut saya, kita tidak mungkin menjadikan AI sebagai cara kerja baru tanpa benar-benar memahami semua kebutuhan pelanggan serta berbagai masalah yang ada. Begitu kompleksitas tersebut dipahami termasuk apa yang sebenarnya menciptakan nilai maka AI hadir untuk memperkuat hal tersebut... Itulah sebabnya saya pribadi sangat menyukai analogi mobil dari Carl; pada dasarnya, tujuannya hanyalah membuat proses mengemudi menjadi lebih mudah.

Tujuannya adalah menyediakan perangkat yang sangat mudah digunakan oleh siapa saja, terlepas dari seberapa minim pengalaman mereka dalam bidang komputasi. Dari sudut pandang ini, model yang ditawarkan lebih mendekati konsep "Autodesk, buatkan saya sebuah kursi" (seperti gagasan Haley) daripada model "pengguna ahli" (*superuser*) yang diusulkan oleh Deutsch. Perubahan nama Spacemaker menjadi Forma pada dasarnya merupakan langkah penjenamaan ulang (rebranding), pembaruan, dan penyempurnaan dari Spacemaker. Platform ini menggabungkan berbagai fitur asli Spacemaker dengan elemen dari perangkat lunak Autodesk sebelumnya, seperti FormIt yang merupakan versi Autodesk untuk perangkat lunak serupa SketchUp.

Tujuannya adalah untuk mengembangkannya lebih lanjut menjadi ‘platform menyeluruh yang mencakup seluruh siklus hidup proyek... yang mampu mendukung komunitas perancangan, pembangunan, dan operasional dengan menyediakan semua perangkat lunak yang dibutuhkan, di mana berbagai aplikasi AEC terintegrasi dalam satu wadah dan beroperasi menggunakan basis data yang terpadu.’ Pada akhirnya, diharapkan sistem ini tidak hanya menghasilkan satu keluaran tunggal, melainkan menawarkan ratusan skenario yang mungkin bagi pengguna, lengkap dengan peringkat untuk setiap skenario tersebut.

Forma diproyeksikan menjadi landasan bagi platform baru Autodesk yang berbasis cloud dan didorong oleh data untuk kebutuhan perancangan, pembangunan, dan operasional, dengan menyatukan berbagai aplikasi ke dalam satu platform tunggal. Tujuannya adalah melampaui sekadar platform perancangan dan pembangunan, serta mencakup seluruh tahapan setelah bangunan selesai termasuk aspek kepemilikan dan pemeliharaan dengan menambahkan unsur ‘O’ (operasional) ke dalam konsep ‘AEC’ (arsitektur, teknik, dan konstruksi), sehingga menjadi ‘AECO’ (arsitektur, teknik, konstruksi, dan operasional).

Namun, apakah langkah ini cukup untuk menjaga posisi Autodesk tetap unggul di pasar dalam hal perangkat lunak berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk firma arsitektur? Ataukah mereka akan menghadapi persaingan sengit dari pihak lain?



Gambar 7.3 Xkool, Towers (2023), dihasilkan menggunakan LookX. Selain menawarkan platform komprehensif yang mencakup segalanya mulai dari data hingga fabrikasi, XKool juga telah meluncurkan model difusi miliknya sendiri, yaitu LookX.

7.4 XKOOL DAN PENGEMBANGAN AI GENERATIF UNTUK ARSITEKTUR

Pesaing utama bagi Autodesk adalah *XKool Technology* (XKool), terlebih lagi setelah perusahaan ini meluncurkan LookX.AI (LookX) sebuah model difusi ke pasar global melalui entitas terpisah yang terdaftar di Amerika Serikat dan berbasis di Los Angeles. XKool didirikan pada tahun 2016 oleh dua arsitek, Wanyu He dan Xiaodi Yang. Nama XKool merupakan singkatan dari '*ex-Koolhaas'*. Nama ini merujuk pada pengalaman Wanyu He yang pernah bekerja di bawah arahan Rem Koolhaas di firma OMA (di Rotterdam dan Hong Kong) selama lebih dari tujuh tahun, sekaligus mengacu pada istilah populer 'Xkool' yang, menurut Urban Dictionary, berarti tingkat 'keren' (*coolness*) tertinggi yang bisa dicapai.

XKool mengklaim sebagai 'perusahaan teknologi inovatif pertama di dunia yang memanfaatkan teknologi mutakhir seperti pembelajaran mendalam (*deep learning*), pembelajaran mesin (*machine learning*), dan mahadata (*big data*) untuk menerapkan kecerdasan buatan ke dalam perencanaan kota dan desain arsitektur, dengan berlandaskan pada teknologi algoritma inti miliknya sendiri'. Sejak tahun 2016, XKool juga sangat sukses dalam menarik investasi serta klien bisnis. Pada awal tahun 2020, XKool telah memperoleh investasi gabungan senilai lebih dari 100 juta RMB dari sejumlah perusahaan modal ventura, seperti Vision Night Capital, SIG, dan 5Y Capital. XKool merupakan perusahaan rintisan (*startup*) dengan lebih dari 100 karyawan. Kantor pusatnya terletak di Shenzhen yang dikenal sebagai 'Silicon Valley-nya Tiongkok' dengan kantor cabang lainnya yang tersebar di Beijing, Shanghai, Chongqing, Los Angeles, dan Berlin. Pada Juni 2023, XKool meluncurkan model difusi mereka, LookX.ai (LookX), sebagai perusahaan global yang terdaftar di Amerika Serikat.

7.5 AI DAN EFISIENSI PROSES PERANCANGAN ARSITEKTUR

Secara paradoks, tampaknya OMA salah satu firma arsitektur progresif yang paling minim menggunakan pendekatan komputasional justru mungkin berperan dalam memperkenalkan kecerdasan buatan (AI) ke dalam praktik arsitektur. Saat bekerja di OMA,

Wanyu He menjumpai budaya kerja yang sangat tidak efisien, di mana para arsitek harus bekerja hingga larut malam bahkan sering kali hingga akhir pekan hanya untuk terus-menerus menggambar ulang rencana proyek. Pemborosan sumber daya yang ekstrem ini mendorong He untuk mencari cara kerja yang lebih efisien. Ia bertekad untuk tidak akan pernah berada dalam situasi yang sama lagi: "Saya tidak ingin menggambar rencana-rencana itu berulang kali. Itu gila!"

Menurut He, terdapat perbedaan penting antara cara kerja yang 'berbasis grafis' (*graphic-driven*) dan cara kerja yang 'berbasis data' (*data-driven*). Baginya, masalah dalam budaya arsitektur saat ini adalah kita masih sangat bergantung pada cara kerja yang 'berbasis grafis'. Kita menggambar dan membuat sketsa, namun metode representasi ini murni bersifat grafis. Di dalamnya tidak terkandung informasi apa pun mengenai peraturan bangunan, kode teknis, estimasi biaya, dan sebagainya. Akibatnya, arsitek harus terus-menerus menguji gambar-gambar tersebut dan melakukan perubahan secara manual jika ternyata tidak memenuhi persyaratan.

Sebaliknya, jika arsitek menggunakan cara kerja yang 'berbasis data', seluruh informasi akan langsung terintegrasi ke dalam sistem; desain akan secara otomatis menyesuaikan dengan berbagai persyaratan tersebut, dan sistem bahkan dapat merekomendasikan opsi terbaik kepada arsitek. Singkatnya, menurut He, arsitek perlu beralih dari cara kerja berbasis grafis yang minim informasi menuju cara kerja berbasis data yang kaya akan informasi. Hal ini akan membuat proses perancangan menjadi jauh lebih efisien. Di sinilah peran kecerdasan buatan (AI) muncul.



Gambar 7.4 Xkool, Building Images (2019), dihasilkan menggunakan StyleGAN (gambar komposit horizontal).

Bagi He, AI bukanlah pengganti arsitek. Ia memandang AI sebagai teknologi yang dapat membantu arsitek sebuah perpanjangan atau alat bantu bagi sang arsitek. Gagasan utamanya adalah menyerahkan tugas-tugas rutin yang bersifat repetitif kepada komputer pekerjaan yang mungkin dapat diselesaikan oleh komputer dengan lebih cepat dan akurat sehingga arsitek memiliki lebih banyak waktu untuk mencurahkan perhatian pada proses kreatif.

Sebagaimana ia ungkapkan, 'Teknologi akan membebaskan kita dari pengulangan dan memungkinkan kita untuk berfokus pada hal-hal yang memberikan nilai tambah bagi

masyarakat.' Peran AI di sini adalah untuk terus beradaptasi tanpa kenal lelah terhadap kebutuhan proses desain yang senantiasa berubah, serta memberikan saran-saran yang berdasar. Seperti yang ia catat, 'Tidak diragukan lagi bahwa kota-kota di masa depan akan tetap diciptakan oleh kehendak manusia, namun dengan cara yang berbeda yang diperkuat oleh teknologi.' Pada akhirnya, mungkin saja AI akan mampu beroperasi secara otonom di hampir semua industri, tetapi untuk saat ini, AI tetap sekadar menjadi asisten bagi para arsitek: 'AI saat ini merupakan kecerdasan terbatas (*narrow intelligence*) AI hanya dapat menyelesaikan tugas-tugas spesifik di bawah arahan manusia. Peran manusia dalam mengelola AI menjadi semakin penting.'

7.6 EVOLUSI TEKNOLOGI AI DALAM PENGEMBANGAN DESAIN ARSITEKTUR XKOOL

Kisah XKool dapat dipahami sebagai kisah tentang proses desain yang terus berevolusi. Ia dan Yang pertama kali menggunakan AI pada tahun 2011 dalam sebuah karya untuk kompetisi internasional Shenzhen Bay Eco-Tech City, yang kemudian menjadi salah satu desain berbasis AI pertama yang benar-benar dibangun. Terobosan sesungguhnya terjadi ketika mereka mengembangkan teknik berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang melibatkan 'otak desain' (*design brain*) dan 'otak evaluasi' (*evaluation brain*) seiring dengan pembentukan XKool pada tahun 2016. Secara garis besar, peran 'otak desain' adalah menghasilkan berbagai kemungkinan solusi desain berdasarkan kumpulan data (*dataset*) yang sangat besar dari desain-desain sebelumnya. Peran 'otak evaluasi' adalah menilai dan memeringkat desain-desain tersebut berdasarkan model evaluasi berbasis data serta aturan kepatuhan lokal. Dengan kata lain, 'otak desain' dan 'otak evaluasi' bekerja sama: 'otak desain' menghasilkan berbagai alternatif desain, sementara 'otak evaluasi' melakukan penilaian terhadap desain-desain tersebut.

Namun, perangkat awal ini memiliki keterbatasan. Meskipun berguna dalam mempercepat proses desain, menekan biaya, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas desain, perangkat tersebut belum menyediakan 'referensi' yang cukup memadai untuk benar-benar praktis digunakan. Situasi ini terbantu oleh berbagai penyempurnaan dalam pembelajaran mesin (*machine learning*) yang kemudian mereka integrasikan ke dalam metode kerja mereka. Hal ini berujung pada peluncuran inisiatif penelitian '*Rosetta Stone*' pada tahun 2017 dinamai demikian karena inisiatif ini mengeksplorasi kemungkinan untuk menghasilkan beragam luaran desain berdasarkan gaya arsitektur yang berbeda, dengan menganggap gaya-gaya tersebut sebagai padanan dari bahasa-bahasa yang berlainan. Mereka kemudian mengembangkan basis data berskala besar yang memuat berbagai gaya desain, yang disusun berdasarkan materi dari rancangan-rancangan arsitektur sebelumnya. Kini, mereka memungkinkan pengguna maupun perusahaan untuk menyesuaikan gaya desain mereka sendiri.

Namun, kemajuan nyata mereka tercapai melalui keberhasilan inisiatif AlphaGo ZERO, di mana seperti yang telah disebutkan sebelumnya model tersebut belajar sendiri cara bermain Go tanpa diberi tahu aturan permainannya. Terinspirasi oleh hal ini, XKool mengembangkan teknik baru menggunakan pembelajaran penguatan (*reinforcement*

learning) yang memungkinkan mereka tidak perlu bergantung pada kumpulan data bangunan yang sudah ada. Sebaliknya, sistem ini mampu mengekstrak aturannya sendiri dari contoh-contoh sebelumnya, lalu menghasilkan opsi-opsi yang benar-benar inovatif dan kreatif:

> Pada tahun 2017, publikasi resmi AlphaGo ZERO menyajikan hasil penelitian yang mendorong penerapan teknologi pembelajaran penguatan dalam pengembangan perangkat desain cerdas. Hal ini membebaskan perangkat desain dari keterbatasan basis data kasus nyata, beralih ke penggunaan langsung model awal yang dihasilkan melalui aturan-aturan yang dipelajari sistem tersebut dalam proses konfrontasi dan iterasi. Dengan mengulangi proses ini, terciptalah model yang paling memenuhi (atau bahkan melampaui) ekspektasi perancang manusia, sekaligus memiliki potensi nyata untuk mengeksplorasi hal-hal yang belum diketahui.

Saat ini, XKool memanfaatkan *deep learning* secara ekstensif dan telah memperkenalkan LookX, sebuah model difusi yang selama bertahun-tahun dilatih secara khusus menggunakan data arsitektur. Masalah dengan *deep learning*, tentu saja, adalah kebutuhan akan data dalam jumlah yang sangat besar. Namun, di sinilah XKool memiliki keunggulan dibandingkan para pesaingnya di Barat, karena mereka memperoleh data dari klien dan mitra lokal, seperti pengembang real estat, penyedia data perkotaan resmi, serta perusahaan milik pemerintah. Faktanya, Tiongkok menghasilkan data yang jauh lebih banyak dibandingkan negara mana pun dan memiliki kekhawatiran yang lebih minim terkait isu privasi. Seperti yang pernah diamati, "Jika data adalah minyak baru, maka Tiongkok adalah OPEC yang baru."

Penting untuk dicatat bahwa XKool juga memanfaatkan perusahaan pelabelan data. Industri kecerdasan buatan (AI) di Tiongkok yang berkembang pesat tidak dapat berfungsi tanpa data pembelajaran berkualitas tinggi yang telah dilabeli secara cermat, serta sangat spesifik dan ditargetkan untuk aplikasi tertentu. Meskipun data berlabel yang bersifat sumber terbuka (*open-source*) tersedia dari negara lain, data tersebut sering kali tidak cocok untuk kebutuhan aplikasi spesifik. Sebagai contoh, data perumahan berlabel dari Jepang tidak kompatibel dengan pasar perumahan di Tiongkok. Akan tetapi, "ladang data" (*data farms*) di Tiongkok yang setara dengan layanan "Mechanical Turk" milik Amazon mampu menyediakan data yang kompatibel untuk aplikasi-aplikasi khusus. Ini merupakan industri baru yang secara diam-diam menopang berbagai perusahaan rintisan (*startup*) maupun perusahaan besar di bidang AI di Tiongkok.



Gambar 7.5 XKool, desain yang dihasilkan oleh KoolPlan (2019). KoolPlan adalah asisten berbasis AI untuk perancangan denah lantai dan fasad yang memungkinkan detail yang lebih halus.

7.7 EMPAT TAHAPAN PENERAPAN AI DALAM DESAIN DAN PERENCANAAN KOTA

XKool memandang peran AI sebagai sesuatu yang terbagi ke dalam empat tahapan berbeda: pengenalan (*recognition*), evaluasi (*evaluation*), rekonstruksi (*reconstruction*), dan generasi (*generation*). 'Pengenalan' adalah tahap pertama, yang mencakup pencarian pola-pola kompleks dan tersembunyi dalam data yang dihasilkan oleh kota. Tentu saja, manusia juga mampu mengenali pola, namun besarnya volume data membuat hal tersebut mustahil dilakukan secara efektif oleh manusia; selain itu, sering kali terdapat "titik buta" (*blind spots*) dalam analisis yang dilakukan oleh manusia. Tahap kedua, 'evaluasi', melibatkan pendeteksian pola dalam data tersebut, seperti pergerakan pejalan kaki atau arus lalu lintas. Hal ini dapat membantu mengungkap berbagai masalah, misalnya kemacetan lalu lintas atau kurangnya fasilitas umum. Tahap ketiga adalah 'rekonstruksi', sebuah proses latar belakang yang membantu membentuk pemahaman dasar mengenai tantangan yang dihadapi. Namun, rekonstruksi hanya dapat beroperasi pada tingkat yang relatif mendasar, sehingga hanya mampu menghasilkan desain yang bersifat impresionis.

Tahap keempat sekaligus tahap akhir, yaitu ‘generasi’ (*generation*), diperlukan untuk menghasilkan keluaran yang lebih terperinci dan disempurnakan. ‘Generasi’ ini serupa dengan proses mengubah sketsa kasar menjadi desain yang mendetail. XKool telah mengembangkan dua perangkat untuk kebutuhan ini. Pertama, dalam skala perkotaan, mereka mengembangkan ‘Platform Perencanaan dan Pengambilan Keputusan Perkotaan Dinamis yang Cerdas’ (*Intelligent Dynamic Urban Planning and Decision-Making Platform*) sebuah platform dinamis terintegrasi yang memungkinkan rencana keseluruhan dalam usulan perencanaan kota untuk dimodifikasi seiring dengan perubahan pada setiap komponen penyusunnya. Kedua, mereka telah meluncurkan XKool AI Cloud, sebuah ‘Platform Desain AIGC’ (*AIGC Design Cloud Platform*) yang mengintegrasikan fitur ‘pembuatan gambar’ (*image generation*), ‘pelatihan model’ (*model training*), dan ‘komunitas bersama’ (*shared community*). Sesuai namanya, platform ini beroperasi melalui komputasi awan (cloud) sehingga tidak memerlukan instalasi perangkat lunak khusus apa pun. Platform berbasis cloud ini memanfaatkan kecerdasan buatan (AI) dalam berbagai skala mulai dari desain interior hingga perencanaan

kota yang mencakup fase konsep, fase skematik, hingga fase pengembangan desain, bahkan dapat ditinjau melalui ponsel.



Gambar 7.6 Ross Lovegrove, dari kerangka kawat (*wireframe*) CAD menuju bangunan (2023). Mode Render LookX digunakan untuk menempatkan kembali konsep arsitektur yang belum rampung dari tahun 2006 ke dalam konteks baru.

7.8 PENGEMBANGAN PLATFORM AI TERINTEGRASI UNTUK DESAIN ARSITEKTUR

Dalam sebuah langkah yang sangat signifikan, XKool telah meluncurkan apa yang mungkin merupakan model difusi arsitektural pertama di dunia, yaitu LookX, yang kini menjadi bagian dari ekosistem cloud AI XKool dengan nama *AI Creative Kool*. Ini adalah model AIGC (*Artificial Intelligence Generated Content*) privat yang dikembangkan berdasarkan kumpulan data milik mereka sendiri, yang terdiri dari miliaran poin data arsitektural terstruktur. Pengguna cukup memasukkan perintah teks atau gambar massa 3D, dan sistem akan secara otomatis menghasilkan gambar sketsa yang dapat berfungsi sebagai asisten pada tahap awal perancangan.

Model difusi ini juga terintegrasi ke dalam alur kerja produksi desain yang dikembangkan oleh XKool. Selama ini, banyak firma arsitektur terkendala oleh sifat proses produksi desain yang terfragmentasi. Kantor-kantor seperti ZHA, misalnya, sering menggunakan berbagai platform terpisah: mulai dari bertukar gagasan awal menggunakan model difusi seperti MidJourney, kemudian memodelkan hasil pilihan dalam format 3D menggunakan Maya, memindahkannya ke Rhino, hingga akhirnya menerapkan BIM. Dengan XKool, seluruh tahapan yang berbeda ini dapat diintegrasikan ke dalam satu platform tunggal.

Awalnya, sketsa desain konseptual hanya terbatas pada format representasi 2D sebagai bagian dari proses perancangan arsitektur; namun kini, gambar-gambar tersebut dapat dikonversi menjadi model 3D. Selain berfungsi sebagai bentuk representasi, gambar atau model ini juga dapat diubah menjadi metadata yang dapat dimanipulasi oleh arsitek—baik

menggunakan perangkat geometris berbasis grafis maupun alat AI berbasis data untuk kemudian diintegrasikan ke dalam proses pengembangan desain hingga fabrikasi.

Platform ini tidak hanya mengintegrasikan peraturan bangunan dan batasan perencanaan, tetapi juga mencakup batasan kinerja seperti aspek struktural, lingkungan, dan faktor lainnya sembari terus memantau biaya. Dengan demikian, visi XKool adalah menghadirkan satu platform komprehensif yang mencakup seluruh tahapan, mulai dari pengolahan data hingga fabrikasi, dengan meminimalkan kebutuhan akan metode penggambaran konvensional.

7.9 KETERBATASAN AI DALAM FABRIKASI DAN PROSES KONSTRUKSI

Pembelajaran mendalam (*deep learning*) sangat efektif untuk tugas-tugas yang melibatkan persepsi. Namun, kemampuannya untuk beroperasi di ranah lain masih cukup terbatas, sebagaimana dikemukakan oleh Stuart Russell:

> Meskipun persepsi sangatlah penting dan pembelajaran mendalam memang sangat cocok untuk tugas persepsi terdapat berbagai jenis kemampuan lain yang perlu kita berikan kepada sistem AI. Hal ini terutama berlaku untuk aktivitas yang berlangsung dalam rentang waktu yang lama, atau tindakan yang sangat kompleks seperti membangun sebuah pabrik. Tidak mungkin aktivitas semacam itu diatur sepenuhnya oleh sistem *black-box* (kotak hitam) berbasis pembelajaran mendalam.

Untuk mengilustrasikan gagasannya, Russell menjabarkan tantangan dalam menggunakan pembelajaran mendalam untuk membangun sebuah pabrik sebuah contoh yang sangat relevan bagi para arsitek:

> Bayangkan kita mencoba menggunakan pembelajaran mendalam untuk membangun pabrik. (Lagipula, kita sebagai manusia tahu cara membangun pabrik, bukan?) Jadi, kita mengambil miliaran contoh pembangunan pabrik di masa lalu untuk melatih algoritma pembelajaran mendalam; kita tunjukkan kepadanya semua cara yang pernah dilakukan manusia dalam membangun pabrik. Kita masukkan semua data tersebut ke dalam sistem pembelajaran mendalam, lalu sistem itu pun "tahu" cara membangun pabrik. Bisakah kita melakukan itu? Tidak, itu hanyalah angan-angan belaka. Data semacam itu tidak ada, dan seandainya pun ada, membangun pabrik dengan cara seperti itu sama sekali tidak masuk akal. Kita memerlukan pengetahuan untuk membangun pabrik. Kita perlu mampu menyusun rencana. Kita perlu mampu menalar hambatan fisik serta sifat-sifat struktural bangunan. Kita memang bisa membangun sistem AI untuk menangani aspek-aspek dunia nyata ini, tetapi hal tersebut tidak dicapai melalui pembelajaran mendalam. Membangun pabrik membutuhkan jenis AI yang sama sekali berbeda.

Faktanya, AI dengan sendirinya tidak mampu memfabrikasi apa pun. Alasannya cukup sederhana: material bersifat analog begitu pula bangunan sedangkan ranah digital bersifat *imateriel* (tidak berwujud fisik). Dari perspektif ini, tidak ada yang disebut sebagai bangunan digital. Bahkan ketika kita merujuk pada 'fabrikasi digital', proses fabrikasi yang sebenarnya

tetap bergantung pada metode analog yang telah ada sejak dahulu kala. Bukankah pencetakan 3D (3D printing) hanyalah salah satu bentuk manufaktur aditif, sama halnya dengan kegiatan menyusun batu bata? Dan bukankah pemesinan CNC (*Computer Numerically Controlled*) hanyalah bentuk manufaktur subtraktif, serupa dengan kegiatan mengukir, memahat, atau menggergaji? Dengan demikian, istilah 'fabrikasi digital' sebenarnya menyesatkan. Secara tepat, kita seharusnya menggunakan ungkapan 'fabrikasi yang dikendalikan secara digital' (*digitally controlled fabrication*), sebagaimana yang tersirat dalam istilah *Computer Numerically Controlled* (CNC). Begitu pula, tidak ada yang disebut sebagai 'fabrikasi AI', meskipun bisa saja terdapat 'fabrikasi yang dikendalikan oleh AI'. AI terdiri dari algoritma, dan algoritma pada dasarnya hanyalah sekumpulan instruksi. Algoritma tidak memfabrikasi apa pun; fungsinya terbatas pada pengendalian proses fabrikasi.

Namun, persoalan mengenai 'kendali' ini lebih luas cakupannya. Hal ini juga berkaitan dengan aspek persepsi dan keterampilan motorik di lingkungan yang tidak terstruktur. Meskipun robot yang dikendalikan oleh AI piawai dalam menangani sebagian besar tugas yang bersifat repetitif, mereka justru kesulitan melakukan tugas fisik yang relatif sederhana seperti mengambil batu bata dan meletakkannya di atas batu bata lainnya. Bagi manusia, ini adalah tugas yang sangat mudah, tetapi bagi robot, hal ini justru menjadi tantangan besar. Hingga saat ini yang mungkin cukup mengejutkan robot belum memiliki tingkat ketangkasan yang memadai. Seperti yang diamati secara jenaka oleh Rodney Brooks, "Semua orang bilang robot akan datang untuk menguasai dunia, padahal kita bahkan belum bisa menjawab kapan robot akan mampu membawakan kita segelas bir." Jadi, AI tidak mampu memfabrikasi apa pun. Meski demikian, terdapat berbagai cara di mana AI dapat membantu dalam proses fabrikasi.

7.10 INTEGRASI AI, ROBOTIKA, DAN PREFABRIKASI DALAM KONSTRUKSI ARSITEKTUR

Bagaimana mungkin kepingan Lego yang sederhana dapat membantu kita mengubah konstruksi arsitektur di era kecerdasan buatan (AI)? Inilah tantangan yang kini tengah dihadapi oleh Autodesk. Tim riset AI mereka yang baru sedang mengkaji bagaimana lengan robot dapat belajar untuk membangun sesuatu. Tantangan awalnya adalah bagaimana membuat lengan robot mengenali dan mengambil kepingan Lego, lalu menyusunnya hingga membentuk sebuah struktur. Solusinya adalah dengan melatih lengan robot tersebut bukan di dunia fisik, melainkan di lingkungan simulasi melalui pengembangan ‘kembaran digital’ (*digital twin*). Sama seperti AlphaGo ZERO yang mampu belajar bermain Go secara mandiri melalui pembelajaran penguatan (*reinforcement learning*) dengan memainkan permainan melawan dirinya sendiri sebanyak dua puluh kali per detik tim riset AI Autodesk pun melatih lengan robot tersebut dalam simulasi digital melalui jutaan iterasi. Hal ini membuka berbagai kemungkinan, mulai dari lengan robot yang mampu memilah dan menyusun balok secara mandiri, hingga lini perakitan utuh yang dapat dikonfigurasi ulang hanya dalam semalam.

Namun, tantangan pamungkasnya tentu saja adalah membuat lengan robot mampu menyusun bata sungguhan di lokasi konstruksi. Berapa lama lagi waktu yang dibutuhkan sebelum kita bisa meminta lengan robot standar yang dilengkapi dengan alat ujung (*end effector*) khusus untuk membangun sesuatu? Kuka, bangunkan aku sebuah dinding. Secara

kebetulan, XKool juga melirik Lego, namun dari perspektif yang sangat berbeda. Saat ini, XKool tengah mengeksplorasi potensi penggunaan komponen modular prafabrikasi untuk keperluan konstruksi dengan mengadopsi prinsip kepingan Lego dalam kerangka logika platform yang mencakup segalanya, mulai dari data hingga fabrikasi. XKool bahkan telah berhasil mewujudkan hotel prafabrikasi yang dirancang dan dibangun hanya dalam waktu enam belas minggu selama pandemi Covid-19. Hotel semacam itu mungkin terkesan seragam karena tuntutan kebutuhan. Namun, adakah alasan mengapa prinsip yang sama tidak bisa diterapkan pada bangunan yang dirancang oleh seorang arsitek ternama (*starchitect*)?

Memang, konsep kepingan Lego mungkin tampak sederhana, tetapi arsitektur sejak dulu selalu bergantung pada komponen modular prafabrikasi yang sederhana seperti bata biasa. Banyak contoh, termasuk karya Eladio Dieste, yang menunjukkan betapa kreatifnya penggunaan bata dalam sebuah konstruksi. Terlebih lagi, komponen-komponen prafabrikasi ini dapat disesuaikan, dibuat dari material cerdas, serta diberi penanda digital agar terintegrasi ke dalam proses konstruksi yang berbasis data.

'Di Masa Depan, Data Akan Menjadi Segalanya.'

Logika prefabrikasi ini memungkinkan perancang untuk menggunakan platform berbasis kecerdasan buatan (AI) yang serba ada, dengan memanfaatkan komponen digital siap pakai dari sebuah pustaka. Karena komponen-komponen dalam pustaka tersebut didasarkan pada data pabrik dan dimodelkan menurut standar yang telah disepakati, berbagai Batasan seperti biaya dapat dipantau secara bersamaan seiring dengan berkembangnya rancangan. Selain itu, karena rancangan tersebut berbasis pada metadata, ia dapat dengan mudah dihubungkan dengan robot di lini produksi pabrik yang terotomatisasi. Dengan cara ini, data akan langsung mengalir ke tahap fabrikasi; fabrikasi tidak lagi dipandang sebagai langkah akhir yang terpisah dalam alur kerja, melainkan sebagai proses yang terintegrasi erat dengan perancangan, estimasi biaya, dan pengambilan keputusan.

7.11 TRANSFORMASI DESAIN HUNIAN MELALUI AI DAN PRODUKSI MASSAL

Mari kita bawa logika Lego selangkah lebih jauh. Bukankah sebagian besar perangkat Lego dijual dengan rancangan khusus yang sudah ditentukan, seperti yang digambarkan pada sampul kotaknya? Bagaimana jika rumah diperlakukan dengan cara yang sama sebagai perangkat komponen yang dirancang oleh arsitek-arsitek ternama? Faktanya, dalam sejarah, konstruksi populer sudah lama menggunakan katalog templat standar. Banyak arsitek mungkin memandang rendah pendekatan semacam itu dan menganggapnya sebagai sesuatu yang kasar atau tidak berkelas. Bagaimanapun, dunia arsitektur berpijak pada gagasan bahwa setiap rumah haruslah unik. Namun, bukankah hal ini justru terkesan boros? Tidakkah pertimbangan ekonomi lebih mendukung standardisasi? Terlebih lagi, jika honor arsitek dihitung berdasarkan persentase dari biaya pembangunan, apakah masuk akal untuk terus-menerus 'menciptakan ulang roda' (melakukan sesuatu dari nol yang sebenarnya sudah ada) pada setiap proyek baru? Kita telah melihat dari industri otomotif dan ponsel pintar bahwa kebanyakan konsumen justru merasa puas memiliki mobil Tesla atau iPhone yang sama dengan milik orang lain. Jadi, mengapa rumah kita harus berbeda? Ironisnya, meskipun banyak arsitek bersikeras bahwa

setiap rumah harus unik, rumah mereka sendiri justru dipenuhi oleh produk-produk yang diproduksi secara massal mulai dari televisi di ruang tamu hingga pasta gigi di kamar mandi.

Bukankah kita juga bisa memanfaatkan AI untuk menyesuaikan rumah-rumah yang diproduksi secara massal ini, serta mengubah rancangannya agar selaras dengan preferensi pelanggan? Lagi pula, ponsel dan laptop pun bisa dibeli dalam berbagai pilihan warna dan spesifikasi yang berbeda-beda. Lantas, bagaimana rasanya memiliki rumah yang dirancang secara massal oleh arsitek ternama seperti Bjarke Ingels, Thomas Heatherwick, atau sosok arsitek bintang lainnya untuk menampung berbagai benda koleksi kita, mulai dari alat pemeras lemon karya Philippe Starck, laptop rancangan Jony Ive, hingga mesin pembuat espresso kreasi Aldo Rossi? Dan bagaimana jika rumah-rumah rancangan desainer ini dikirimkan kepada kita dalam bentuk komponen siap rakit, yang bisa didirikan hanya dalam hitungan hari? Mungkin inilah gambaran masa depan. Kelak, mungkinkah seluruh proses perancangan menjadi sepenuhnya otomatis dengan desain yang sepenuhnya berbasis data bahkan hingga ke tahap konstruksinya? Di masa depan, data akan menjadi segalanya.

BAB 8
EVOLUSI KOTA DARI ARSITEKTUR PARAMETRIK MENUJU KOTA CERDAS

Seperti apa rupa kota di masa depan? Akankah tampilannya sangat berbeda dari kota-kota saat ini? Apakah akan terlihat seperti sesuatu dari *The Jetsons* lengkap dengan mobil terbang dan bangunan bergaya futuristik? Atau justru akan tampak mirip dengan kota-kota kita sekarang, dengan beberapa bangunan baru, sementara sebagian besar bangunan yang sudah ada tetap dipertahankan dan sekadar dilengkapi dengan teknologi kecerdasan buatan (AI) terkini? Dengan kata lain, apakah penggerak utama perubahan tersebut adalah hadirnya bentuk-bentuk arsitektur yang benar-benar baru? Ataukah justru penerapan teknologi berbasis AI yang kian canggih?

Bagi Patrik Schumacher, kota masa depan akan terdiri dari bentuk-bentuk arsitektur baru yang dirancang menggunakan perangkat komputasi terkini. Dalam artikelnya yang berjudul '*Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design'* yang dimuat dalam '*Digital Cities'*, sebuah edisi jurnal *Architectural Design* (AD) yang diterbitkan pada tahun 2009 Schumacher menguraikan logika desain parametrisisme. Ia berpendapat bahwa parametrisisme kini telah menggantikan modernisme serta gaya-gaya kontemporer lainnya sebagai gaya arsitektur global yang baru. Schumacher mengawalinya dengan menjelaskan bahwa parametrisisme berakar pada teknik-teknik komputasi tingkat lanjut:



Gambar 8.1 Zaha Hadid Architects, *Masterplan* Kartal-Pendik, Istanbul, Turki (2006). Proyek Kartal-Pendik merupakan rancangan sebuah sub-pusat di sisi Asia kota Istanbul yang bertujuan untuk mengurangi tekanan terhadap inti kota yang bersejarah.

> Terdapat konvergensi global dalam arsitektur avant-garde terkini yang membenarkan penyebutannya sebagai sebuah gaya baru: parametrisisme (*parametricism*). Gaya ini berakar pada teknik animasi digital, dengan penyempurnaan terkini yang didasarkan pada sistem desain parametrik canggih serta metode pembuatan skrip (*scripting*). Dikembangkan selama 15 tahun terakhir dan kini mendominasi praktik arsitektur avant-

garde, gaya ini menggantikan Modernisme sebagai gelombang inovasi sistematis yang berkelanjutan.

Lebih jauh lagi, gaya ini memiliki karakteristik yang cukup mudah dikenali: "Secara estetis, parametrisisme ditandai oleh keanggunan kompleksitas yang teratur serta kesan fluiditas yang mulus, menyerupai sistem alami." Meskipun dapat diterapkan pada berbagai skala mulai dari desain interior hingga desain perkotaan gaya ini paling efektif jika diaplikasikan pada pengembangan kawasan perkotaan berskala besar: "Penerapan teknik-tekniknya begitu luas sehingga parametrisisme kini dapat ditemukan dalam berbagai skala, mulai dari arsitektur dan desain interior hingga desain perkotaan berskala besar. Faktanya, semakin besar suatu proyek, semakin terlihat pula keunggulan parametrisisme dalam mengartikulasikan kompleksitas programatik." Schumacher mengilustrasikan artikelnya dengan serangkaian proposal perkotaan berskala besar untuk Istanbul, Singapura, dan Beijing. Bagi Schumacher, kota-kota di masa depan akan tampak sangat futuristik dan membawa ciri khas parametrisisme.

Sudah lebih dari lima belas tahun sejak diterbitkannya edisi '*Digital Cities'* (Kota Digital) dalam jurnal AD, dan patut dipertanyakan apakah ada kota yang dirancang berdasarkan logika parametrisisme yang benar-benar telah dibangun. Bahkan di Tiongkok satu-satunya negara dengan skala pembangunan yang melampaui sebagian besar negara lain hampir tidak ditemukan bukti mengenai hal ini. Memang benar, terdapat sejumlah pengembangan perumahan berskala besar bahkan kota yang utuh yang telah dibangun, namun tidak satu pun yang menerapkan logika parametrisisme. Meskipun jika digabungkan, berbagai bangunan karya ZHA di seluruh dunia mungkin setara dengan satu kota penuh, hingga saat ini belum ada satu kota pun yang dirancang secara eksklusif berdasarkan logika parametrisisme. Tampaknya, para pengembang dan pembuat kebijakan belum yakin untuk mengadopsi bentuk-bentuk baru semata-mata bentuk baru dalam pengembangan sebuah kota.

Selain itu, hampir tidak ada bukti adanya pengembangan berskala besar baik yang bersifat progresif maupun lainnya di kota-kota yang sudah mapan seperti New York, London, Paris, dan Moskow. Alasannya jelas; lahan kosong yang tersisa di kota-kota yang telah lama berdiri ini relatif kecil, dan secara ekonomi jarang sekali masuk akal untuk merobohkan bangunan yang sudah ada demi mendirikan bangunan baru. Terlebih lagi, setiap pengembangan baru sering kali terkendala oleh aturan pelestarian bangunan serta pembatasan dalam perencanaan tata kota. Singkatnya, renovasi, perbaikan, dan perancangan ulang interior sering kali menjadi strategi yang lebih dipilih di kota-kota yang sudah ada.

8.1 TRANSFORMASI AKTIVITAS PERKOTAAN MELALUI KOMPUTASI DAN BIG DATA

Dalam kontribusinya untuk edisi majalah AD yang sama, yang berjudul 'Kota iPhone' (*iPhone City*), Benjamin Bratton mengambil pendekatan yang sangat berbeda. Lupakan bentuk-bentuk arsitektur futuristik. Pikirkanlah tentang proses-proses informasional. Bratton mengamati adanya perangkat komputasi canggih yang telah mengubah pengalaman kita terhadap kota: iPhone yang sederhana. Meskipun iPhone belum banyak memengaruhi desain

kota-kota baru, perangkat ini telah memberikan dampak mendalam terhadap cara kita beraktivitas di kota-kota yang sudah ada. Pengembangan aplikasi navigasi cerdas, misalnya, memungkinkan kita untuk menjelajahi dan memahami kota dengan cara-cara baru; sementara itu, kehadiran layanan seluler (*roaming*) telah mengubah mobil menjadi kantor baru sebuah platform hibrida 'mobil + ponsel'.

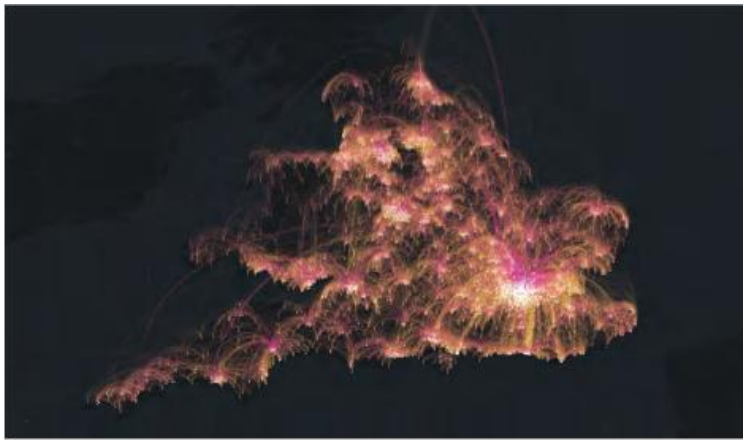
Pada tahun 2009, antarmuka transportasi Uber diluncurkan dengan nama 'UberCab', meskipun aplikasi untuk ponsel baru dirilis pada tahun berikutnya. Dengan demikian, Bratton menulis esainya sebelum Uber benar-benar hadir. Namun, menarik untuk dibayangkan betapa jauh lebih mendalam analisis Bratton mengenai mobil yang berubah menjadi 'mobil + kantor' seandainya ia mengetahui bahwa mobil pribadi kelak bisa menjadi sumber lapangan kerja. Uber kini telah memunculkan sejumlah pesaing, seperti Lyft sebuah proses yang disebut sebagai 'uber-ifikasi' dan aplikasi berbagi tumpangan (*ride-sharing*) kini telah menjamur di kota-kota besar di seluruh dunia. Di Tiongkok, perusahaan seperti DiDi terbukti sangat sukses hingga berhasil mendesak Uber keluar dari pasar. Rahasianya, sebagaimana ditunjukkan oleh kesuksesan Uber, terletak pada pemanfaatan kapasitas antarmuka informasional untuk menciptakan jenis-jenis pekerjaan baru. Dengan kata lain, komputasi tidak menghadirkan bentuk-bentuk baru yang memikat, melainkan cara-cara baru dalam beraktivitas. Hal ini menantang klaim yang diajukan oleh sejarawan arsitektur Mario Carpo dalam bukunya, *The Second Digital Turn*, yang menyatakan bahwa *big data* menghadirkan gaya arsitektur baru. Carpo berpendapat bahwa melimpahnya data yang "berantakan" saat ini telah melahirkan gaya arsitektur baru yang juga berantakan dan bersifat "voksel" (*voxelated*). Tentu saja, ini merupakan contoh lain dari masalah "arsitekturalisasi" yakni menafsirkan konsep-konsep non-arsitektural seolah-olah merujuk pada bentuk-bentuk arsitektur. Apa hubungannya *big data* dengan bentuk arsitektur? Hal ini masih menjadi misteri. *Big data* berkaitan dengan informasi, bukan dengan bentuk. Apakah kehadiran layanan berbagi tumpangan (*ride-sharing*) benar-benar mengubah tampilan sesuatu? Faktanya, jika kita melihat mobil-mobil yang digunakan untuk layanan seperti Uber, tampilannya sama persis dengan mobil pada umumnya.

Hal ini karena mobil-mobil tersebut memang mobil biasa. Terlepas dari klaim Carpo, *big data* tidak mendorong estetika tertentu. *Big data* hanya memungkinkan perusahaan layanan berbagi tumpangan, seperti Uber, untuk beroperasi dengan cara yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan taksi konvensional di masa lalu.

8.2 ARSITEK INFORMASI DALAM PERANCANGAN KOTA BERBASIS DATA

Dalam esainya, Bratton melontarkan sebuah provokasi: ia menyerukan agar separuh dari seluruh arsitek meninggalkan model tradisional arsitek sebagai "pencipta bentuk" (*form-maker*) dan beralih menjadi apa yang bisa kita sebut sebagai "arsitek informasi". Mereka diharapkan memanfaatkan keterampilan desain dan kemampuan komputasional yang dimilikinya bukan untuk menciptakan desain baru, melainkan untuk mengembangkan perangkat lunak baru yang dapat digunakan guna mengolah kembali struktur dan sistem yang sudah ada:

> Sebuah eksperimen: separuh dari seluruh arsitek dan perencana kota di dunia harus, mulai saat ini, berhenti merancang bangunan maupun pengembangan baru. Sebaliknya, mereka harus mencurahkan kedalaman historis dan nuansa intelektual dari imajinasi arsitektural mereka ke dalam perancangan dan pemrograman perangkat lunak baru, yang memungkinkan pemanfaatan yang lebih baik atas struktur dan sistem yang telah kita miliki. Ini hanyalah masalah pengelolaan konten yang baik. Separuh sisanya sebagai kelompok kontrol boleh terus bekerja seperti biasa.



Gambar 8.2 Shan He, *UK Commute*, peta pola perjalanan komuter di Inggris dan Wales, karya studio Unfolded. Peta ini memvisualisasikan pola perjalanan komuter di Inggris dan Wales berdasarkan Sensus 2011. Setiap lengkungan menghubungkan lokasi tempat tinggal dan tempat kerja seseorang.

Salah satu arsitek yang tampaknya menjawab tantangan untuk menjadi "arsitek informasi" adalah Shan He. Ia menempuh pendidikan arsitektur di Universitas Tsinghua dan MIT, lalu mendirikan tim visualisasi data di Uber, tempat ia mengembangkan perangkat lunak *kepler.gl*. Setelah itu, ia mendirikan perusahaannya sendiri yang bergerak di bidang analisis dan visualisasi geospasial, yaitu Unfolded.

Bagi He, *big data* tidak mengubah bentuk-bentuk yang kita rancang seperti yang diyakini oleh Carpo melainkan mengubah cara kita merancang. "Bagaimana *big data* mengubah cara kita merancang kota?" tanya He. Selama beberapa waktu, para arsitek dan perencana kota telah menggunakan ESRI serta teknik penambangan data (*data-mining*) lainnya untuk menjadi landasan dalam perancangan mereka. Namun, besarnya jumlah data yang tersedia saat ini, ditambah dengan beragam perangkat dan teknik baru, telah menyediakan jauh lebih banyak informasi untuk mendukung proses perancangan tersebut:

> Perkembangan pesat dalam penambangan data spasial, analitik, dan visualisasi membuat para perencana kota kini memiliki akses terhadap kumpulan data terbuka, perangkat canggih, dan model analitik untuk menangani berbagai masalah perkotaan yang kompleks. Memang, data geospasial telah lama digunakan dalam proses perencanaan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan; akan tetapi, volume, variasi, dan resolusi data yang meningkat secara eksponensial bersamaan dengan kapasitas analitik yang kian berkembang telah mengubah cakrawala studi perkotaan secara mendasar.

Namun, He tidak meminta para arsitek dan perancang kota untuk sepenuhnya meninggalkan keahlian tradisional mereka. Sebaliknya, ia mengajak mereka untuk mengadopsi pendekatan hibrida, yang serupa dengan model "kecerdasan yang diperluas" (*extended intelligence*) sebagaimana diuraikan di atas. Dalam konteks ini, teknologi menjadi perpanjangan dari imajinasi perancang, yang kemudian memberdayakan para perancang masa depan:

> Kota bukan sekadar mesin penyedia barang dan layanan; kota adalah ruang yang memfasilitasi pengalaman manusia. Para perancang kota memerlukan keterampilan dasar untuk memenuhi kedua fungsi tersebut: menggunakan data sebagai sarana untuk merancang kota yang berkelanjutan, sekaligus memanfaatkan keahlian teknis (*craftsmanship*) mereka untuk menciptakan bentuk-bentuk kota yang memikat.

Esai karya Bratton terbukti sangat berwawasan luas. Bagi Bratton, kota masa depan tidak bisa hanya berpijak pada bentuk-bentuk inovatif semata; kota tersebut juga harus merangkul sistem informasi yang baru. Kita perlu memikirkan kembali logika praktik arsitektur beralih dari model lama yang menempatkan arsitek hampir secara eksklusif sebagai "pencipta bentuk" (*form-maker*), menuju model baru sebagai "arsitek informasi" (*information architect*). Jika ditinjau kembali, esai Bratton mengenai dampak teknologi baru terhadap kota-kota kita merupakan tulisan yang paling tajam dan mendalam di antara seluruh karya dalam volume *Digital Cities* tersebut.

8.3 EVOLUSI KOTA INFORMASIONAL MENUJU EKOSISTEM PERKOTAAN TERINTEGRASI

Gagasan mengenai kota informasional bukanlah hal baru. Manuel Castells menerbitkan buku berjudul *The Informational City: Information Technology, Economic Restructuring and the Urban-Regional Process* pada tahun 1989. Castells kemudian menindaklanjutinya dengan trilogi buku mengenai "zaman informasi" (*the information age*), di mana ia mengemukakan konsep "masyarakat jejaring" (*network society*). Masyarakat ini tidak beroperasi melalui hierarki yang terintegrasi, melainkan melalui jejaring organisasi, serta sangat bergantung pada aliran informasi yang terus-menerus melalui teknologi.

Belakangan ini, kita menyaksikan perkembangan "kota cerdas" (*smart city*). Sebagaimana dikemukakan oleh Michael Batty, kota cerdas dilengkapi dengan "konstelasi instrumen dalam berbagai skala yang terhubung melalui beragam jejaring, yang menyediakan data berkelanjutan mengenai pergerakan manusia dan material, serta status berbagai struktur dan sistem." Namun, Batty menambahkan bahwa agar dapat disebut cerdas, sistem-sistem ini harus diintegrasikan menjadi satu kesatuan yang efektif guna memberikan manfaat secara menyeluruh: "Kota hanya bisa dikatakan cerdas jika terdapat fungsi-fungsi kecerdasan yang mampu mengintegrasikan dan menyintesis data tersebut untuk tujuan tertentu yakni cara-cara untuk meningkatkan efisiensi, kesetaraan, keberlanjutan, dan kualitas hidup di perkotaan."

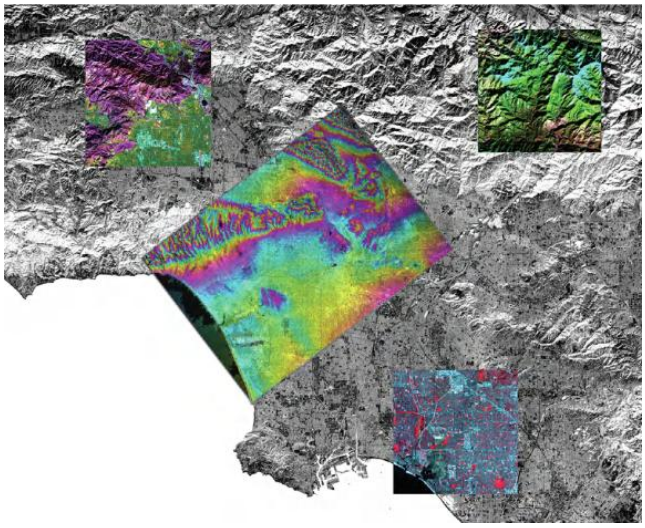
Lebih baru lagi, Bratton menerbitkan *The Stack*, sebuah karya yang memperluas model masyarakat jejaring dan kota cerdas. Alih-alih terbatas pada satu lapisan horizontal, Bratton menggambarkan masyarakat jejaring sebagai agregasi vertikal dari lapisan-lapisan horizontal. Dengan demikian, Bratton mengembangkan model dua dimensi (2D) milik Castells ke dalam ruang tiga dimensi (3D). Selain itu, alih-alih memandang berbagai bentuk komputasi berskala planet sebagai komponen-komponen yang terpisah, Bratton melihatnya sebagai lapisan-lapisan dari sebuah metaplatform terkonsolidasi yang berwujud sebagai "megastruktur yang terbentuk secara kebetulan" (*accidental megastructure*). Bratton menyebutnya sebagai "*The Stack*":

> *The Stack* merujuk pada transformasi dalam infrastruktur teknis sistem global, di mana komputasi berskala planet telah mengubah logika geografi politik sedemikian rupa menurut citranya sendiri sehingga melahirkan geografi baru dan wilayah-wilayah baru yang mampu menegakkan keberadaannya secara mandiri. Berbeda dengan geografi politik modern yang membagi-bagi peta secara horizontal, geografi *The Stack* juga menumpuk ruang-ruang secara vertikal satu di atas yang lain. Alih-alih meninjau berbagai bentuk komputasi berskala planet seperti komputasi awan, kota cerdas, komputasi di mana-mana (*ubiquitous computing*), sistem pengalamatan masif, antarmuka generasi mendatang, pengguna nonmanusia, dan sebagainya sebagai jenis atau spesies komputasi yang terpisah satu sama lain, model ini menempatkan semuanya ke dalam lapisan-lapisan sebuah metaplatform terpadu, sebuah megastruktur yang terbentuk secara kebetulan.

The Stack (Tumpukan) terdiri dari enam lapisan: lapisan Bumi, lapisan Awan (*Cloud*), lapisan Kota, lapisan Alamat, lapisan Antarmuka, dan lapisan Pengguna. Lapisan Bumi "menyediakan fondasi fisik bagi *The Stack*"; lapisan Awan terdiri dari "kepulauan server yang sangat luas"; lapisan Kota "mencakup lingkungan yang terdiri dari megakota dan meganetwork yang terputus-putus"; lapisan Alamat "mengkaji sistem pengalamatan universal yang sangat terperinci"; lapisan Antarmuka menyediakan "mediasi secara citra dan bahasa antara Pengguna dengan kapasitas komputasi yang dapat dialamati di lingkungan mereka"; dan terakhir, lapisan Pengguna mencakup pengguna baik dari kalangan manusia maupun nonmanusia.

Kunci di sini adalah konektivitas. *The Stack* (tumpukan sistem) merepresentasikan jalur informasi yang saling terhubung di seluruh dunia saat ini, baik melalui antarmuka vertikal maupun horizontal. Setiap lapisan di dalamnya bukanlah pemisahan yang terputus, melainkan sebuah bentuk konektivitas dengan lapisan lainnya; sebagai contoh, lapisan Kota (*City layer*) dapat berinteraksi dengan lapisan vertikal di atas atau di bawahnya seperti lapisan *Cloud* (awan/komputasi awan) atau lapisan Bumi (*Earth layer*) atau bahkan melompati satu lapisan untuk terhubung langsung dengan lapisan Bumi, maupun berinteraksi dengan kota lain pada lapisan yang sama. Dengan cara yang sama, sebuah kota juga dapat dipahami sebagai bagian dari jaringan kota global. Terlepas dari apakah kita menyebutnya sebagai "kota informasi" (*informational city*), "kota cerdas" (*smart city*), atau "lapisan kota" (*city layer*) dalam *The Stack*, yang jelas adalah bahwa kota-kota saat ini telah menjadi lokasi bagi berbagai antarmuka

informasi, di mana kecerdasan buatan (AI) dan aplikasi berbasis AI memainkan peran yang semakin besar.



Gambar 8.3 Biayna Bogosian, Studi Penginderaan Jauh (2019). Penginderaan jauh berbasis permukaan di wilayah Los Angeles County dengan menggabungkan data *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dan citra satelit Landsat 8.

8.4 KECERDASAN LINGKUNGAN DAN INTEGRASI AI DALAM KEHIDUPAN PERKOTAAN

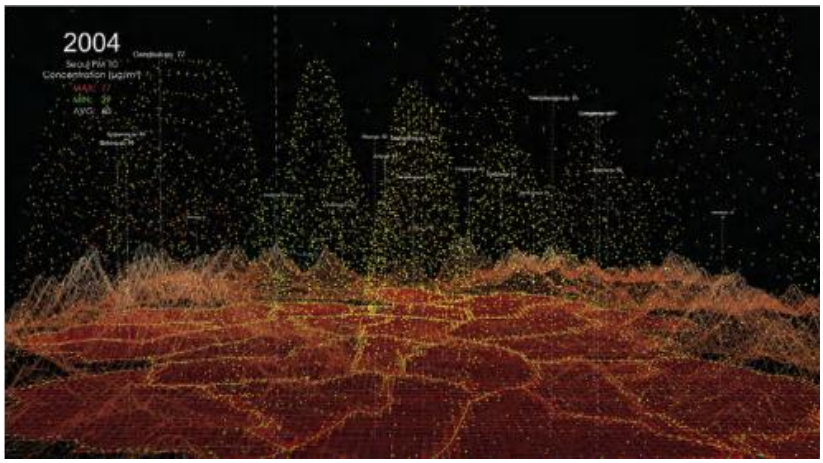
Dampak kecerdasan buatan (AI) terhadap kota tidak perlu dilihat dalam skala kota secara keseluruhan. Faktanya, kunci untuk memahami kota sebagaimana diingatkan oleh Jane Jacobs adalah dengan melihatnya bukan dari perubahan besar yang bersifat *top-down* (dari atas ke bawah), seperti perencanaan induk (*master planning*), melainkan dari perilaku-perilaku bertahap di tingkat jalanan. Dengan demikian, kota dapat dipahami sebagai sesuatu yang terbentuk dari berbagai pengguna, sama seperti kawanan burung atau sekumpulan ikan yang terbentuk dari individu-individu di dalamnya. Meskipun skala kota jauh lebih besar daripada individu-individu tersebut, kota justru terbentuk oleh individu-individu itulah. Dengan cara ini, kita dapat memahami bahwa kota sebenarnya telah dipenuhi oleh perangkat yang dilengkapi dengan AI. Lagi pula, seperti yang diamati dengan jeli oleh Bratton, kota "mengenakan" kita, sama seperti kita mengenakan perangkat kita. Lebih jauh lagi, kota itu sendiri dapat dipahami sebagai entitas yang "mengenakan" perangkat cerdas kita. Sementara itu, gagasan Bratton tentang *The Stack* menyoroti operasi-operasi yang saling terhubung. Di kota yang berbasis informasi saat ini, kecerdasan kian meresap ke mana-mana melalui perantara penduduk dan perangkat pribadi mereka yang dilengkapi dengan AI.

Kita hidup di dunia yang penuh dengan "perangkat cerdas yang terintegrasi mulus" perangkat yang peka dan responsif terhadap penggunanya, serta tidak bergantung pada kendali manual. Cara lain untuk menggambarkan lanskap perangkat yang saling terhubung ini adalah sebagai ruang "kecerdasan lingkungan" (*ambient intelligence* atau AmI). Ruang tempat kita tinggal saat ini tidak lagi mencerminkan gagasan Le Corbusier tentang "mesin untuk tempat tinggal", melainkan lebih mendekati gagasan Mark Weiser tentang "komputasi di

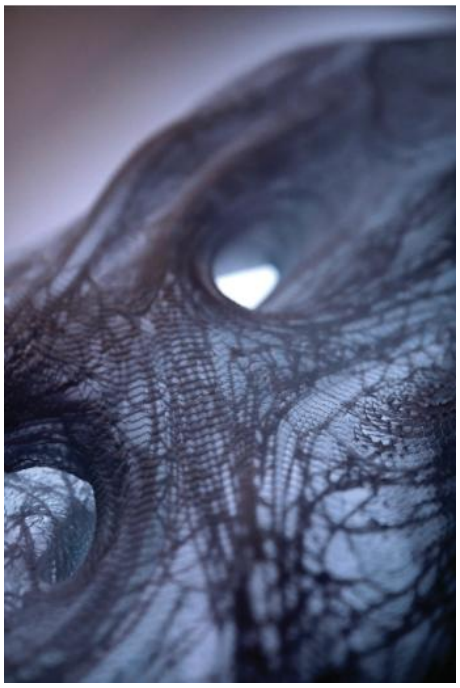
mana-mana" (*ubiquitous computing*). Kelak, kita bahkan tidak perlu lagi membawa-bawa perangkat ke mana pun kita pergi. Komputasi akan tertanam secara mulus di dalam lingkungan perkotaan, tersedia secara bebas layaknya udara yang kita hirup, dan kita akan mampu berkomunikasi dengan lingkungan sekitar melalui ucapan serta gestur. Dengan pergeseran ini di mana teknologi terserap ke dalam struktur kota itu sendiri kehidupan di kota tidak lagi didominasi oleh bentuk-bentuk komputasi yang eksplisit. Lingkungan itu sendirilah yang menjadi cerdas.

Kita bahkan bisa membayangkan lingkungan cerdas ini merespons secara interaktif terhadap suasana hati dan tingkat kenyamanan kita. Teknologi ini mampu menstimulasi kita saat merasa lesu dan menenangkan kita saat gelisah; mendinginkan kita saat kepanasan, serta menghangatkan kita saat kedinginan. Ia akan menjadi lingkungan kecerdasan ambien (*ambient intelligence*/AmI) yang adaptif, suportif, dan penuh perhatian, yang tanggap terhadap kebutuhan individu kita.

Tentu saja, ada pula konsekuensi yang berpotensi negatif. Kita bisa membayangkan bahwa lingkungan semacam itu sangat mungkin melacak setiap gerak-gerik kita dan memantau perilaku kita. Tidak diragukan lagi, teknologi ini juga bisa digunakan untuk membombardir kita dengan iklan-iklan yang disesuaikan secara khusus. Oleh karena itu, kita tidak boleh mengabaikan sisi gelap dari AmI. Jika jatuh ke tangan yang salah, teknologi ini bisa sangat merugikan. Namun, di saat yang sama, kita harus menghindari determinisme teknologi yang sering dikaitkan dengan sikap negatif terhadap teknologi. Tidak ada teknologi yang pada dasarnya buruk. Jika digunakan dengan cara yang tepat, AmI dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi masyarakat.



Gambar 8.4 Zhenwei Zhong dan Chuhan Zhou, *Approaching Convergence* (2017). Sebuah proyek mahasiswa yang memvisualisasikan data *Particulate Matter 10* (PM10) di Seoul, yang diperoleh dari stasiun cuaca di dua puluh lima distrik. Proyek ini merupakan bagian dari mata kuliah di Columbia GSAPP yang diajar bersama oleh Biayna Bogosian dan Maider Llaguno-Munitxa.



Gambar 8.5 Roland Snooks dan Robert Stuart-Smith (Kokkugia) bekerja sama dengan Studio Pei Zhu, *National Art Museum of China* (NAMOC) (2013). Bentuk tersebut dihasilkan melalui algoritma berbasis kawanan (*swarm-based algorithm*) yang dikembangkan dari sistem turbulen dan kacau yang mendasari pembentukan awan.

8.5 PRINSIP KECERDASAN KAWANAN DALAM SISTEM TERDESENTRALISASI

Kecerdasan kawanan merupakan bentuk perilaku kolektif yang dapat diamati dalam perilaku terdesentralisasi dan terorganisasi secara mandiri dari suatu sistem multi-agen. Contoh sehari-hari yang umum dari 'kecerdasan kawanan' adalah pergerakan kawanan burung jalak saat mereka hendak bertengger di waktu petang. Manuver udara yang rumit dari burung-burung ini tidak ditentukan oleh kekuatan eksternal atau perintah dari atas ke bawah, melainkan oleh perilaku yang terorganisasi secara mandiri dari bawah ke atas perilaku yang 'muncul' (*emerge*) dari interaksi sederhana antarindividu burung. Saat kawanan tersebut menukik, melayang, atau berbelok ke arah tertentu, tidak ada satu burung pun yang memimpin atau mengendalikan pergerakan tersebut. Sebaliknya, setiap burung mengikuti seperangkat aturan dasar yang berkaitan dengan prinsip kohesi (kepaduan), pemisahan, dan penyelarasan menjaga jarak tertentu dari burung di depan maupun di sisi lainnya, sembari terbang dengan kecepatan yang sama dan menuju ke arah dasar yang sama. Hal inilah yang kemudian menentukan perilaku keseluruhan kawanan tersebut.

Meskipun kecerdasan kawanan yang ditunjukkan dalam perilaku berkelompok atau cara organisme seperti kapang lendir (*slime mould*) mencari makan mungkin tidak setara dengan tingkat kecerdasan yang lebih tinggi, fenomena ini tetap dapat dipahami sebagai bentuk kecerdasan tingkat rendah dalam spektrum kecerdasan yang lebih luas. Legg dan Hutter menyajikan tinjauan sistematis mengenai tujuh puluh cara berbeda dalam mendefinisikan kecerdasan mulai dari definisi umum dan psikologis hingga ranah kecerdasan buatan (AI) dengan menghubungkan teori agen pembelajaran optimal untuk mengusulkan

konsep 'kecerdasan universal' yang menarik. Dengan demikian, kecerdasan dapat diukur berdasarkan kemampuan suatu agen dalam mencapai tujuan di berbagai lingkungan. Menerapkan konsep pengorganisasian mandiri dan kemunculan (*emergence*) pada sistem sosioteknis yang kompleks, seperti kota, dapat membantu merumuskan ulang pemahaman tentang kecerdasan kawanan di lingkungan perkotaan melampaui pandangan klasik yang menyamakan kecerdasan semata-mata dengan efisiensi dan optimalisasi.

Yang terpenting, interaksi semacam ini melahirkan kecerdasan populasi yang tidak bersifat tetap atau ditentukan sebelumnya, melainkan bersifat mengatur diri sendiri dan adaptif: 'Sistem yang terus bermutasi dan muncul secara spontan merupakan sistem cerdas yang didasarkan pada interaksi, umpan balik informasi, pengenalan pola, dan pengendalian tidak langsung.' Mereka menantang konsepsi tradisional mengenai sistem sebagai mekanisme kendali yang telah ditentukan sebelumnya, dan sebaliknya berfokus pada kapasitas adaptif sistem tersebut dalam mengatur diri sendiri. Memang, penciptaan keseluruhan secara spontan dari sekumpulan bagian yang saling berinteraksi yang tampak tidak teratur merupakan karakteristik dasar dari sistem kompleks. Sebagaimana diamati oleh Roland Snooks, 'Kecerdasan kawanan (*swarm intelligence*) beroperasi melalui interaksi lokal antaragen otonom, yang kemudian memunculkan perilaku kolektif dalam sistem terdesentralisasi yang mengorganisasi diri sendiri.'

8.6 KECERDASAN KAWANAN DAN DINAMIKA KOTA SEBAGAI SISTEM KOMPLEKS

Dalam *Emergence: The Collective Lives of Ants, Brains, Cities and Software*, Steven Johnson mengaitkan otak, kota, dan perangkat lunak. Faktanya, kemunculan (*emergence*) dan sifat-sifat yang muncul (*emergent properties*) dapat ditemukan baik dalam model komputasional sistem biologis yang kompleks seperti otak maupun dalam sistem sosio-ekologis dan sosio-teknis yang kompleks, seperti kota. Hal ini mendorong perbandingan antara otak dan kota, serta membuka kemungkinan adanya interaksi di antara kedua jenis sistem yang berbeda ini.



Gambar 8.6 Roland Snooks (bekerja sama dengan Scott Mayson), RMIT Mace (2015). *Mace* (tongkat seremonial) ini dirancang menggunakan sistem multi-agen dan dicetak secara 3D melalui proses *laser sintering* yang meleburkan bubuk titanium.

Budaya arsitektur progresif senantiasa mencari bentuk-bentuk arsitektur yang baru. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika logika kawanan (*swarm logic*) semakin banyak diadopsi oleh praktik-praktik eksperimental sebagai metafora referensial dan analogi organisasional untuk merangkul kompleksitas serta mengembangkan metodologi desain non-linear yang beroperasi melalui algoritma multi-agen. Sistem-sistem ini tentu mampu menghasilkan bentuk-bentuk yang menarik dan sangat orisinal. Dengan demikian, sistem tersebut telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap budaya desain arsitektur. Namun, begitu sebuah sistem multi-agen dibekukan ke dalam bentuk arsitektural yang statis, perilaku kompleksnya niscaya akan terbatas dan potensi penuhnya tidak akan terealisasi. Padahal, sebagaimana diamati oleh Deleuze dan Guattari, kota seharusnya dipahami sebagai sesuatu yang 'deteritorialisasi' (lepas dari teritori) alih-alih 'teritorialisasi' (terikat pada teritori), bersifat mulus (*smooth*) alih-alih bergaris-garis (*striated*). Kota merupakan fungsi dari sirkulasi dan sirkuit yang dinamis, serta tidak akan pernah bisa direduksi menjadi satu bentuk tunggal yang statis:

> Kota adalah korelasi dari jalan. Kota hanya ada sebagai fungsi dari sirkulasi dan sirkuit; kota merupakan titik tunggal dalam sirkuit-sirkuit yang membentuknya sekaligus dibentuk olehnya. Kota didefinisikan oleh pintu masuk dan pintu keluar: sesuatu harus masuk ke dalamnya dan keluar darinya. Kota memaksakan suatu frekuensi. Kota menciptakan polarisasi materi baik itu materi inert (mati), hidup, maupun manusia dan membuat phylum (garis evolusi/aliran) mengalir melalui tempat-tempat tertentu, di sepanjang garis horizontal. Kota adalah fenomena transkonsistensi, sebuah jaringan, karena pada dasarnya ia senantiasa bersentuhan dengan kota-kota lain. Kota merepresentasikan ambang batas deteritorialisasi; apa pun materi yang terlibat, materi tersebut harus cukup terlepas dari teritori asalnya (deteritorialisasi) agar dapat masuk ke dalam jaringan, tunduk pada polarisasi, serta mengikuti sirkuit pengodean ulang (*recoding*) perkotaan dan jalan raya.

Dengan demikian, kita dapat melihat potensi kecerdasan kawanan (*swarm intelligence*) dalam mendasari logika kota jika kita tidak terlalu berfokus pada bangunan statis, melainkan lebih pada perilaku dinamis di dalam kota tersebut. Bagaimanapun, sebuah kota tidak bisa sekadar direduksi menjadi sekumpulan bangunan. Kota bukanlah apa-apa tanpa penghuninya. Oleh karena itu, kita perlu memahami kota sebagai perpaduan antara jejak materi yang dibangun dengan aliran spasial dari para penghuninya. Jejak materi dapat dipahami sebagai akumulasi endapan mineral yang membentuk lingkungan binaan, sementara aliran spasial dapat dipahami sebagai koreografi agen-agen yang kebebasan bergeraknya dibatasi oleh lingkungan tersebut. Kota terdiri dari kedua entitas ini, sehingga harus dipahami sebagai sistem hibrida manusia-mineral. Hal ini membawa implikasi besar terhadap cara kita memahami dampak kecerdasan kawanan terhadap kota, serta bagaimana kita dapat memanfaatkannya untuk memecahkan tantangan perkotaan yang kompleks.

8.7 HOMEOSTASIS DAN KECERDASAN ADAPTIF DALAM SISTEM PERKOTAAN

Kota merupakan contoh dari 'sistem yang jauh dari keseimbangan' (*far from equilibrium system*). Kota adalah sistem terbuka dan adaptif yang menampilkan dinamika kompleks serta nonlinier. Namun, John Holland mengamati bahwa kota tetap mampu mempertahankan suatu bentuk keseimbangan dinamis, terlepas dari perubahan terus-menerus yang dialaminya. Ia mengibaratkannya seperti 'gelombang berdiri' (*standing wave*) di tengah aliran air, dan memandang kota sebagai sebuah 'pola dalam waktu':

> Kota tidak memiliki komisi perencanaan terpusat yang menyelesaikan masalah pembelian dan distribusi pasokan... Bagaimana kota-kota ini terhindar dari fluktuasi ekstrem antara kekurangan dan kelimpahan, tahun demi tahun, dekade demi dekade? Misteri ini semakin mendalam ketika kita mengamati sifat kota besar yang terus berubah layaknya kaleidoskop. Pembeli, penjual, administrasi, jalan, jembatan, dan bangunan senantiasa berubah; dengan demikian, koherensi sebuah kota entah bagaimana terbentuk di tengah arus manusia dan struktur yang terus mengalir. Seperti gelombang berdiri di depan batu dalam aliran air yang deras, kota adalah sebuah pola dalam waktu.

Menurut logika emergensi, pola perilaku dalam sistem hibrida sosio-teknis yang membentuk sebuah kota diatur oleh prinsip-prinsip swa-organisasi (*self-organisation*). Sistem ini harus dipahami sebagai perpaduan dari berbagai 'proses' sebagai ruang bagi aliran-aliran vektor yang 'menyesuaikan diri' terhadap berbagai input dan dorongan layaknya sebuah sistem yang mengatur dirinya sendiri. Bisa dikatakan, kota sebaiknya dipahami sebagai sistem sibernetik. Namun, bagaimana sebuah kota mampu mempertahankan 'keseimbangan dinamis' ini? Mungkinkah model 'kota sebagai otak' membantu kita memahami mekanisme tersebut? Otak, seperti yang kita ketahui, tidak hanya berfungsi untuk berpikir. Otak juga berperan dalam mengatur batasan keberlangsungan hidup tubuh. Mekanisme pengaturan ini sering disebut sebagai 'homeostasis'. Homeostasis adalah suatu proses yang menjaga keseimbangan tetap stabil saat menghadapi perubahan internal maupun eksternal, seperti guncangan, gangguan, dan tekanan (*stressor*).

Konsep ini telah digunakan dalam berbagai bidang, termasuk biologi dan sistem mekanis. Dalam konteks neurosains, homeostasis dapat dipahami sebagai sejenis keseimbangan yang menjadi landasan bagi kelangsungan hidup tubuh. Akan tetapi, perilakunya sangatlah kompleks dan tidak dapat direduksi ke dalam dinamika klasik. Mekanisme yang memungkinkan sistem kompleks untuk mengatur diri sendiri sebenarnya beroperasi pada berbagai tingkatan, serta sering kali mencakup mekanisme umpan balik dan dinamika lintas skala. Oleh karena itu, hal ini perlu dipahami dalam kerangka logika berpikir sistem. William Ross Ashby, salah satu perintis sibernetika sekaligus penulis *Design for a Brain*, mengembangkan perangkat yang ia sebut sebagai '*homeostat*' sebuah mekanisme penyeimbang, mirip dengan termostat, yang menjaga keseimbangan melalui umpan balik negatif. Tujuan di balik perangkat ini adalah untuk memodelkan cara otak mencapai bentuk keseimbangan dinamisnya sendiri. Menariknya, karya Ashby menarik perhatian Turing, yang kemudian menyarankan agar Ashby menggunakan *Automatic Computing Engine* (ACE)

miliknya untuk menyimulasikan proses tersebut, alih-alih membangun mesin khusus. Dalam suratnya kepada Ashby, Turing mengungkapkan, 'Saya lebih tertarik untuk membuat model cara kerja otak daripada menerapkan komputasi untuk tujuan praktis.' Dengan demikian, hubungan antara homeostasis, komputasi, dan cara kerja otak pun terbentuk.

Lebih baru lagi, ahli saraf Antonio Damasio berpendapat bahwa fungsi utama otak adalah menjaga kondisi homeostasis kita serta mempertahankan keseimbangan psikis yang dinamis. Dengan demikian, otak dapat dipandang bukan sekadar sebagai 'pusat kendali komando', melainkan sebagai mekanisme korektif yang menjaga tubuh agar tetap berada dalam rentang impuls emosional yang aman. Sebagaimana dikemukakan oleh Damasio, 'Kelangsungan hidup bergantung pada terjaganya fisiologi tubuh dalam rentang homeostasis yang optimal. Proses ini mengandalkan deteksi cepat terhadap perubahan kondisi tubuh yang berpotensi merugikan, serta respons korektif yang tepat.' Jadi, meskipun otak itu sendiri sangat adaptif berkat plastisitas sarafnya, ia juga dapat berfungsi sebagai mekanisme adaptasi. Pada tingkat yang paling mendasar, kita dapat melihat kesamaan antara pemahaman Damasio mengenai homeostasis otak dengan prinsip-prinsip swaorganisasi yang mendasari sebuah kota. Bahkan, ahli saraf asal Jerman, Wolf Singer, telah membuat perbandingan langsung antara cara kerja sebuah kota dan perilaku otak. Tampaknya, otak dan kota memiliki banyak kesamaan. Namun, dapatkah kota dipahami sebagai otak dalam arti harfiah? Tentu saja, dalam istilah neurosains yang ketat, kota bukanlah sebuah otak. Bagaimanapun, yang satu merupakan sistem hibrida manusia-mineral, sementara yang lain adalah organisme biologis. Meski demikian, sebuah kota dapat digambarkan sebagai semacam otak, walaupun bukan otak manusia.

Bisakah kita memperluas perbandingan ini ke kecerdasan buatan (AI)? Bagaimanapun, jaringan saraf (*neural network*) terdiri dari neuron-neuron individual yang berkontribusi pada perilaku kolektif yang muncul (*emergent*). Sebagaimana dikemukakan oleh Kelleher, 'Perilaku keseluruhan jaringan muncul dari interaksi pemrosesan yang dilakukan oleh neuron-neuron individual di dalam jaringan tersebut. Jaringan saraf memecahkan masalah menggunakan strategi bagi-dan-taklukkan (*divide-and-conquer*): setiap neuron dalam jaringan menyelesaikan satu komponen dari masalah yang lebih besar, dan masalah secara keseluruhan dipecahkan dengan menggabungkan solusi-solusi komponen tersebut.' Jika demikian, kita dapat memperluas paradigma emergensi dari makhluk yang relatif sederhana, seperti semut (disebut sebagai 'emergensi lemah'), menuju kecanggihan otak, hingga ke kota-kota dan cara kerja jaringan saraf itu sendiri (disebut sebagai 'emergensi kuat'). Dengan demikian, terbuka peluang untuk menggunakan jaringan saraf guna memodelkan dan berpotensi meningkatkan cara kerja sebuah kota sebagai semacam otak.

8.8 PENERAPAN AI DALAM SISTEM OPERASIONAL KOTA CERDAS

Mungkin penerapan kecerdasan buatan (AI) yang paling ekstensif di lingkup perkotaan adalah inisiatif City Brain yang dikembangkan oleh Alibaba. City Brain pada dasarnya merupakan 'kembaran digital' (*digital twin*) dari kota itu sendiri. Gagasan di balik proyek City Brain adalah mengembangkan sistem berbasis komputasi awan (*cloud*) yang menyimpan

informasi tentang kota secara waktu nyata (*real-time*), serta menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk memproses informasi tersebut guna mengendalikan operasional kota dan meningkatkan kinerjanya. Liu Feng, salah satu ilmuwan komputer di balik proyek City Brain, memberikan definisi mengenai City Brain sebagai berikut:

> City Brain adalah arsitektur baru untuk Kota Cerdas (*Smart City*) yang didasarkan pada model 'Otak Internet' (*Internet Brain*). Dengan dukungan sistem saraf pusat kota (komputasi awan), sistem saraf sensorik kota (*Internet of Things*), sistem saraf motorik kota (Industri 4.0, Industrial Internet), serta ujung-ujung saraf kota (*Edge Computing*), sebuah kota dapat mewujudkan interaksi informasi antarmanusia, antara manusia dengan benda, dan antar-benda melalui jaringan saraf kota (*Big SNS*). Selain itu, kota dapat merespons layanan perkotaan secara cerdas dan cepat melalui mekanisme refleks berbasis komputasi awan. Hal ini mendorong integrasi organik dari seluruh komponen kota, sehingga mewujudkan kemajuan berkelanjutan dalam kecerdasan kota. Arsitektur kota cerdas yang menyerupai otak inilah yang disebut sebagai '*City Brain*'.

Pada awalnya, inisiatif City Brain hanya berfokus pada lalu lintas di kota Hangzhou tempat Alibaba bermarkas yang dapat dipahami mengingat Hangzhou sempat mengalami salah satu masalah lalu lintas terburuk di Tiongkok. Sistem ini terbukti sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional kota. Sebuah studi percontohan menunjukkan bahwa City Brain mampu meningkatkan kecepatan lalu lintas sebesar 15 persen serta mendeteksi parkir ilegal. Selain itu, dengan terus memantau lalu lintas di dalam kota, sistem ini dapat mendeteksi tanda-tanda potensi tabrakan atau kecelakaan serta memberi tahu pihak kepolisian, sehingga meningkatkan kecepatan respons darurat.

Lebih lanjut, dengan menyesuaikan lampu lalu lintas secara waktu nyata (*real-time*), sistem ini dapat membantu ambulans dan kendaraan darurat lainnya untuk mencapai tujuan dengan lebih cepat, sekaligus mencegah kemacetan lalu lintas pada jam sibuk. Alibaba mengklaim bahwa *City Brain* memungkinkan ambulans tiba di tujuan rata-rata 7 menit lebih cepat, pelanggan hotel melakukan proses *check-in* dan *check-out* dalam waktu 30 detik, serta pengemudi melewati gerbang pembayaran dengan waktu rata-rata 2,7 detik. Dengan menjaga kelancaran arus lalu lintas, City Brain turut membantu menjaga kondisi homeostatis kota tersebut. Versi-versi selanjutnya telah diperkenalkan di sembilan kota lain di Tiongkok, dan hingga tahun 2019, telah diterapkan di dua puluh tiga kota di seluruh dunia, termasuk Kuala Lumpur, Malaysia. Saat ini, Alibaba tengah memperluas cakupan penerapan City Brain untuk menangani berbagai aspek, seperti transportasi umum, pengelolaan air dan energi, kegiatan konstruksi, serta masalah keamanan publik.

8.9 INTEGRASI AI DAN IOT DALAM MEWUJUDKAN KOTA CERDAS

Konsep '*Internet of Things*' (IoT) merujuk pada gagasan bahwa berbagai perangkat dapat saling terhubung secara nirkabel. Prinsip inilah yang menjadi landasan bagi konsep Kota Cerdas (*Smart City*). Akan tetapi, terdapat sejumlah keterbatasan dalam gagasan Kota Cerdas yang ada saat ini:

> Masih terdapat berbagai masalah [pada konsep Kota Cerdas], seperti konsep yang tidak jelas, spekulasi yang tidak berdasar, kurangnya perancangan dari atas ke bawah (*top-down*), serta fondasi yang rapuh. Para pakar terkait telah menunjukkan bahwa beberapa proyek pembangunan Kota Cerdas kekurangan perancangan top-down dan koordinasi menyeluruh. Hal ini menimbulkan kesulitan besar dalam koordinasi dan integrasi, terutama di sektor-sektor vertikal tertentu, di mana sistem informasi hanya digunakan di lingkup departemen internal, sehingga tidak ada pertukaran data maupun penerapan bersama antar departemen yang berbeda.

Namun, apa yang akan terjadi jika perangkat-perangkat kita tidak sekadar terhubung melalui sistem-sistem terpisah dalam sebuah Kota Cerdas, melainkan terhubung secara cerdas membentuk satu jaringan menyeluruh, layaknya neuron di dalam otak? Dengan kata lain, bagaimana jika kita menggabungkan IoT dengan kecerdasan buatan (AI) untuk menciptakan apa yang disebut sebagai '*Artificial Internet of Things*' (AIoT)? Akankah hal ini menghasilkan sistem yang beroperasi menyerupai cara kerja otak? Beberapa pihak, seperti Demis Hassabis, mengibaratkan otak sebagai sebuah komputer: 'Otak hanyalah sebuah komputer, sama seperti komputer lainnya . . . Sifat-sifat yang sebelumnya dianggap sebagai bawaan manusia seperti imajinasi, kreativitas, bahkan kesadaran mungkin hanyalah padanan dari program perangkat lunak. Faktanya, beberapa ilmuwan mengeklaim telah menemukan komputer mini di dalam neuron otak.

Namun, ada pula yang tidak sependapat dan berargumen bahwa otak lebih menyerupai internet daripada komputer. Sebagaimana diamati oleh Jeffrey Stibel, "Otak berfungsi dengan cara yang sangat berbeda dari komputer, tetapi cara kerjanya mirip dengan cara kerja internet." Jika komputer sekadar merepresentasikan sistem neuron, maka menurut Stibel, internet beroperasi layaknya sebuah otak. Perangkat keras internet terdiri dari jutaan komputer yang saling terhubung dengan cara yang tidak jauh berbeda dengan bagaimana neuron di dalam otak saling terhubung satu sama lain, sementara perangkat lunaknya pada dasarnya adalah web itu sendiri: Saat saya melihat Google dan mesin pencari lainnya, saya melihat kemiripan yang lebih besar dengan cara ingatan disimpan dan dipanggil kembali dalam pikiran, dibandingkan dengan arsitektur komputer yang mendasarinya. Saat saya melihat situs web, yang terbayang bagi saya adalah meme dan ingatan, bukan hiperteks. Saat saya melihat *Classmates.com*, *MySpace*, dan *Facebook*, saya melihat jejaring sosial yang berkembang dengan cara yang sama seperti jaringan saraf berkembang sebuah cara yang berbeda dari Hukum Jaringan Metcalfe (*Metcalfe's Law of Networks*).

Saat saya melihat komputasi awan (*cloud computing*) di internet, saya melihat permulaan dari mesin pemrosesan paralel yang memiliki kemampuan untuk melampaui sekadar perhitungan kasar, menuju kekuatan prediksi acak yang kompleks layaknya otak. Namun, jika saya menatap lebih jauh ke masa depan seiring dengan bertambah banyaknya neuron elektronik saya melihat di dalam ruang siber (*cyberspace*) suatu replikasi dari pertumbuhan biologis itu sendiri, seperti pertumbuhan evolusioner otak serangga, hewan, atau bahkan manusia. Studi neurosains terkini tampaknya memberikan dukungan terhadap

perbandingan ini, betapapun imajinatifnya hal tersebut. Sebagai contoh, menurut pakar neurosains Saket Narlakha dan Jonathan Suen, internet dan otak tidak hanya memiliki struktur yang serupa, tetapi dalam beberapa aspek juga beroperasi dengan cara yang sama:

> Meskipun otak dan internet jelas beroperasi menggunakan mekanisme yang sangat berbeda, keduanya sama-sama menerapkan aturan lokal sederhana yang menghasilkan stabilitas. Awalnya saya terkejut bahwa jaringan saraf biologis menggunakan algoritma yang sama dengan jaringan buatan manusia; namun, sebagaimana kita pelajari, kebutuhan akan efisiensi, ketangguhan, dan kesederhanaan merupakan karakteristik yang dimiliki baik oleh organisme hidup maupun jaringan yang kita bangun.

Begitu kita mencapai tahap ini, kota akan mulai berperilaku lebih menyerupai otak. Bukan sekadar karena kota menunjukkan bentuk kecerdasan yang mampu mengatur diri sendiri mirip dengan otak melainkan karena setelah berbagai sensor dan perangkat di dalam kota terhubung membentuk AIoT (*Artificial Intelligence of Things*), semuanya akan terikat ke dalam logika sekunder dari sebuah sistem menyeluruh yang memiliki lebih banyak kemiripan dengan otak. Dengan kata lain, sistem-sistem terpisah dalam *Smart City* (kota cerdas) akan bertransformasi menjadi jaringan saraf komprehensif layaknya sebuah "kota otak" (*Brain Cit*y). Terlepas dari apakah kita dapat membuat perbandingan harfiah antara kota dan otak, jelas bahwa kota memiliki karakteristik tertentu yang serupa dengan otak. Keduanya menunjukkan suatu bentuk kecerdasan. Kecerdasan kota mungkin tidak setara dengan kecerdasan otak, namun tetap merupakan sebuah bentuk kecerdasan yang muncul dari interaksi antara manusia dan kota itu sendiri sama halnya dengan kecerdasan kolektif (*swarm intelligence*) pada organisme seperti kapang lendir (*slime mould*). Dengan demikian, kota sebenarnya telah menunjukkan suatu bentuk kecerdasan. Sebagaimana dikemukakan oleh Wang Jiang:

Seiring dengan evolusinya, kota memiliki kecerdasannya sendiri. Ini bukanlah kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Jadi, Anda tidak bisa sekadar memasukkan kecerdasan manusia ke dalam kota. Kota akan memiliki kecerdasannya sendiri... Kota akan mulai berpikir dengan caranya sendiri. Lantas, apa yang akan terjadi jika kita memperkenalkan kecerdasan buatan (AI) untuk melengkapi kota yang memang sudah memiliki kecerdasan tersebut? Mungkinkah AI digunakan untuk memperkuat kecerdasan kota yang bersifat organik ini? Sebagaimana telah dikemukakan di atas, kecerdasan memiliki berbagai bentuk yang berbeda, namun bentuk-bentuk tersebut sering kali dapat saling melengkapi. Dengan demikian, alih-alih mengurangi kecerdasan organik kota, kecerdasan buatan (AI) justru dapat dipandang sebagai bentuk kecerdasan pendukung bagi kecerdasan organik yang melekat pada kota itu sendiri.

Oleh karena itu, peran AI dapat dilihat sebagai pelengkap untuk mengatur dan meningkatkan kinerja kota sama seperti alat pacu jantung yang berfungsi mengatur dan meningkatkan kinerja jantung. Dari perspektif ini, kita dapat membandingkan peran teknologi berbasis AI dalam meningkatkan operasional kota dengan peran AI dalam meningkatkan kecerdasan manusia. Dalam konteks ini, kota yang didukung oleh AI dapat dipahami sebagai

kota yang kinerjanya ditingkatkan oleh AI, sehingga menjelma menjadi semacam "kota otak" (*brain city*). Br(AI)n city: kota masa depan yang diperkuat oleh kecerdasan buatan.

BAB 9
MASA DEPAN AI DAN EVOLUSI KECERDASAN MANUSIA

Pembahasan mengenai AI tidak akan lengkap tanpa beberapa prediksi tentang masa depannya. Bagaimanapun, inti dari AI adalah prediksi. AI mengenali pola dan memprediksi masa depan; keberhasilannya pun bergantung pada akurasi prediksi tersebut. Demikian pula, sejarah AI dapat dipandang sebagai sejarah prediksi mengenai masa depan AI itu sendiri. Sejak era Turing, telah muncul berbagai prediksi tentang potensinya. Tentu saja, terkadang prediksi-prediksi ini terbukti sangat tidak realistis. Bahkan, bisa dikatakan bahwa optimisme berlebihan terhadap potensi AI turut menjadi penyebab terjadinya berbagai "musim dingin AI" (*AI winters*) periode stagnasi dalam pengembangan AI. Meski demikian, banyak prediksi mengenai potensi AI yang ternyata sangat akurat.

Di sisi lain, kita sebagai manusia juga mahir dalam membuat prediksi. Meskipun otak kita mungkin kurang piawai dalam tugas-tugas tertentu seperti penalaran logis, mengingat informasi, atau melakukan perhitungan otak kita sangat tangguh dalam mengenali pola dan membuat prediksi berdasarkan pola-pola tersebut. Pada dasarnya, otak kita bersifat prediktif. Sebagai contoh, saat menangkap bola, otak kita terus-menerus memperbarui perhitungan dan prediksinya mengenai lintasan bola tersebut.



Gambar 9.1 Behnaz Farahi, Living Breathing Wall. Dinding ini mendeteksi suara manusia menggunakan perangkat Kinect. Sinyal tersebut kemudian diteruskan melalui panel kendali Arduino untuk mengaktifkan serangkaian motor stepper.

Kita membuat prediksi untuk menghindari bahaya baik bencana alam berskala besar seperti badai, tsunami, dan wabah, maupun ancaman dalam skala yang lebih kecil dan menurut beberapa pendapat, inilah salah satu alasan utama mengapa kita memiliki otak. Selain itu, kita juga menggunakan kemampuan prediksi untuk mencari keuntungan melalui perjudian maupun investasi di pasar saham. Lebih jauh lagi, sebagaimana telah kita pelajari, para ahli saraf kini menyatakan bahwa persepsi itu sendiri bersifat prediktif. Seperti yang dikemukakan oleh Andy Clark, "Otak, pada hakikatnya, adalah mesin prediksi." Lantas, prediksi apa saja yang

telah dibuat manusia mengenai masa depan kecerdasan buatan (AI)? Banyak prediksi tentang AI yang bisa digambarkan sekadar sebagai ekstrapolasi berdasarkan sinyal-sinyal lemah yang ada saat ini serta tren yang sedang berkembang. Sebagai contoh, dalam buku Machines that Think: *The Future of Artificial Intelligence*, Toby Walsh menyajikan serangkaian prediksi untuk tahun 2050, yang sebagian besar tampak cukup lugas.

Walsh memprediksi bahwa kejahatan siber akan menjadi masalah besar, kesehatan kita akan dipantau melalui ponsel, dan berita akan dihasilkan oleh AI. Ia juga memprediksi bahwa kita akan berbicara dengan bangunan kita sebuah prediksi yang sebenarnya tidak terlalu mengejutkan, mengingat kita sudah melakukannya melalui Alexa dan perangkat lainnya. Singkatnya, mungkin aspek yang paling mengejutkan dari beberapa prediksi Walsh justru adalah betapa tidak mengejutkannya prediksi-prediksi tersebut. Namun, ada pula prediksinya yang mungkin tidak terlalu jelas atau tidak terduga. Misalnya, Walsh memprediksi bahwa kita akan bisa "terus hidup" setelah kematian melalui chatbot AI yang dipersonalisasi: "AI tersebut akan berbicara seperti Anda, mengetahui kisah masa lalu Anda, serta menghibur keluarga Anda setelah Anda tiada." Faktanya, hal ini sudah tidak lama lagi akan terwujud. Saat ini, kita telah memiliki avatar yang mampu meniru individu dengan sangat meyakinkan.

Terlebih lagi, kini tengah dikembangkan "kembaran digital" (*digital twin*) pribadi sebuah asisten berbasis AI yang mengenal dan memahami penggunanya secara mendalam. Inilah visi dari Mustafa Suleyman, salah satu pendiri DeepMind sekaligus mantan CEO Inflection AI, perusahaan tempat ia mengembangkan asisten AI pribadi atau yang ia sebut sebagai "kecerdasan pribadi" (*personal intelligence*) bernama "Pi". Suleyman menggambarkan ‘pi’ sebagai semacam ‘kepala staf’ yang akan senantiasa memberikan bantuan yang sangat berharga: ‘(Ia) akan mengetahui informasi pribadi Anda secara mendalam, selaras sepenuhnya dengan kepentingan Anda, serta membantu Anda mengelola dan memproses semua informasi yang Anda butuhkan.’ Oleh karena itu, tidaklah berlebihan untuk membayangkan bahwa kita akan segera memiliki replika pribadi yang meyakinkan, yang akan ‘tetap ada’ bahkan setelah kita meninggal dunia.

Namun, prediksi Walsh yang paling menarik berkaitan dengan masa depan kegiatan mengemudi. Ia meramalkan bahwa pada akhirnya kita akan dilarang mengemudikan kendaraan, seiring dengan diperkenalkannya mobil swakemudi (mobil yang dapat mengemudi sendiri). Argumennya adalah sebagai berikut: seiring dengan semakin andalnya mobil swakemudi, frekuensi kita mengemudikan kendaraan sendiri akan terus berkurang. Akibatnya, keterampilan mengemudi kita akan menurun, sehingga premi asuransi akan meningkat kecuali jika kita menggunakan mobil swakemudi. Lambat laun, kita akan terbiasa untuk tidak mengemudi, hingga pada titik di mana banyak anak muda bahkan tidak lagi merasa perlu untuk belajar mengemudi. Pada akhirnya, mobil swakemudi akan mengambil alih, dan kegiatan mengemudi secara manual pun akan dilarang.

Perubahan, tentu saja, sering kali terjadi secara bertahap sama seperti pengembangan mobil swakemudi yang berlangsung secara perlahan dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, pada mobil Tesla, hal ini diwujudkan melalui pembaruan perangkat lunak secara berkala. Namun, mungkin yang paling menarik dari prediksi Walsh adalah komentarnya mengenai

perubahan sikap kita: 'Kita tidak akan diizinkan lagi mengemudikan mobil, dan kita bahkan tidak akan menyadarinya atau tidak lagi mempedulikannya.' Memang, ketika perubahan terjadi secara bertahap, kita sering kali tidak menyadarinya. Hal ini mirip dengan kisah tentang merebus katak. Konon, jika seekor katak dimasukkan ke dalam panci berisi air mendidih, ia akan langsung melompat keluar. Namun, jika katak tersebut dimasukkan ke dalam air hangat, lalu suhunya dinaikkan secara perlahan, katak itu tidak akan menyadarinya. Dan begitulah, menurut cerita tersebut, cara merebus seekor katak.

Selain itu, kita sering kali tidak terlalu mempedulikan apa yang telah hilang. Para ahli saraf menyatakan bahwa otak manusia bersifat plastis; kita dapat beradaptasi dengan mudah terhadap hal-hal yang baru. Dan dalam budaya yang diliputi amnesia massal sebagaimana Andreas Huyssen menggambarkan era kita saat ini kita dengan cepat melupakan masa lalu. Berapa banyak dari kita yang masih ingat seperti apa sebenarnya kehidupan sebelum internet dan telepon seluler ditemukan, dan ketika mesin faks menjadi cara terbaik untuk mengirimkan citra secara elektronik? Padahal, masa itu pernah ada, dan belum begitu lama berlalu.



Gambar 9.2 Behnaz Farahi, Can the Subaltern Speak? Topeng-topeng yang secara terang-terangan bermuatan politis ini mulai berkomunikasi satu sama lain; bulu mata mereka yang berjumlah banyak berkedip dengan cepat, menggunakan kode Morse yang dihasilkan melalui Rantai Markov (*Markov Chain*). Karya ini dimaksudkan untuk menggambarkan bagaimana perempuan dapat mengembangkan bahasa privat mereka sendiri guna menggoyahkan otoritas patriarki.

Namun, bagaimana jika kita menelaah lebih jauh implikasi dari beberapa gagasan Walsh? Sebagai contoh, Walsh memprediksi bahwa pada tahun 2050, kita akan berbicara dengan ruangan kita. Prediksi ini sebenarnya tidak terlalu mengejutkan, mengingat banyak dari kita sudah berinteraksi dengan ruangan melalui perangkat seperti Alexa, sementara para peneliti seperti Behnaz Farahi telah mengembangkan dinding yang mampu merespons ucapan manusia.

Di sisi lain, saat ini kita sudah bisa berkomunikasi dengan ChatGPT dan berbagai aplikasi kecerdasan buatan (AI) lainnya sebuah skenario yang sebelumnya telah diprediksi oleh Haley dan Kurzweil, yakni bahwa kelak kita akan berbicara dengan komputer kita. Akan tetapi,

bagaimana jika kita mempertimbangkan konsekuensi dari semakin meluasnya penggunaan perintah suara? Apakah kita akan mulai lebih mengutamakan komunikasi lisan dibandingkan tulisan, begitu sistem informasi berbasis suara menjadi cukup canggih? Akankah siniar (*podcast*) lebih diutamakan daripada buku? Apakah pena, pensil, bahkan papan tik (*keyboard*) akan menjadi usang? Bagaimana jika kita membawa implikasi ini lebih jauh lagi? Bagaimana jika Haley benar, dan kita mulai merancang sesuatu menggunakan perintah suara serta gestur tangan, alih-alih melalui kegiatan menggambar? Dan bagaimana jika kehadiran model difusi (*diffusion models*) membuat aktivitas menggambar menjadi tidak lagi diperlukan? Apakah menggambar akan benar-benar ditinggalkan? Lalu, sebagai konsekuensinya, mungkinkah kita perlahan-lahan kehilangan kemampuan untuk menggambar? Dan jika itu terjadi, apakah kita akan menyadarinya atau bahkan peduli?

9.1 RAY KURZWEIL DAN PREDIKSI PERKEMBANGAN TEKNOLOGI MASA DEPAN

Jika ada seseorang yang dikenal karena berani melontarkan prediksi yang sering kali tampak tidak masuk akal, orang itu pastilah Ray Kurzweil. Meski demikian, prediksi-prediksinya mengenai teknologi secara umum, dan kecerdasan buatan (AI) secara khusus, terbukti sangat akurat. Kurzweil sendiri bahkan mengklaim bahwa 86 persen prediksinya tepat. Walaupun mengakui bahwa banyak peristiwa budaya yang mustahil untuk diprediksi, Kurzweil meyakini bahwa "tolok ukur mendasar dalam teknologi informasi mengikuti lintasan eksponensial yang dapat diprediksi sebuah fakta yang menyanggah anggapan umum bahwa 'masa depan tidak bisa diprediksi'".

Dalam prediksi-prediksi awalnya, Kurzweil menggunakan logika Hukum Moore. Hukum Moore berasal dari pernyataan Gordon Moore pada tahun 1965 yang saat itu menjabat sebagai CEO Fairchild Semiconductor dan kelak menjadi salah satu pendiri Intel bahwa jumlah transistor pada sebuah sirkuit terpadu akan berlipat ganda setiap tahun, sementara biaya per unit akan turun secara proporsional. Kemudian, Moore merevisi perkiraan tersebut menjadi dua kali lipat setiap dua tahun. Ia lalu mengembangkan pengamatan ini menjadi teori pertumbuhan eksponensial, yang oleh Kurzweil diterapkan tidak hanya pada sirkuit semikonduktor, tetapi juga pada berbagai bentuk teknologi lainnya. Sebagai contoh, perangkat laptop sederhana pun secara garis besar mengikuti prinsip-prinsip ini.

Akan tetapi, pertumbuhan eksponensial tidak dapat berlangsung selamanya. Sebagaimana dicatat oleh Murray Shanahan, hukum fisika menetapkan bahwa setiap tren teknologi pada akhirnya akan mencapai titik jenuh (datar). Rodney Brooks berpendapat bahwa gagasan ini telah "dilebih-lebihkan". Sementara itu, Kurzweil sendiri meyakini bahwa Hukum Moore tidak akan lagi berlaku setelah tahun 2020. Oleh karena itu, ia mengembangkan teorinya sendiri yang disebut "Hukum Hasil yang Semakin Cepat" (*Law of Accelerating Returns*):

> Analisis terhadap sejarah teknologi menunjukkan bahwa perubahan teknologi bersifat eksponensial, bertolak belakang dengan pandangan umum yang menganggapnya sebagai proses "linear intuitif". Dengan demikian, kita tidak hanya akan mengalami kemajuan setara 100 tahun di abad ke-21, melainkan kemajuan yang setara dengan

> 20.000 tahun (berdasarkan laju kemajuan saat ini). 'Imbal hasil' yang diperoleh seperti kecepatan cip dan efektivitas biaya juga meningkat secara eksponensial. Bahkan terdapat pertumbuhan eksponensial dalam laju pertumbuhan eksponensial tersebut.

Pada tahun 1990, Kurzweil menerbitkan *The Age of Intelligent Machines*, sebuah buku yang turut disusun oleh sejumlah futuris dan ilmuwan komputer terkemuka lainnya. Dalam buku ini, Kurzweil berspekulasi mengenai kemungkinan komputer mencapai tingkat kecerdasan yang setara dengan kecerdasan manusia. Ia kemudian melontarkan serangkaian prediksi lain seperti pernyataan bahwa komputer akan mampu mengalahkan juara catur dunia pada tahun 2000 seperti yang telah disebutkan sebelumnya; akan adanya mobil tanpa pengemudi "menjelang pertengahan pertama abad ke-21"; pesawat terbang yang beroperasi tanpa pilot; serta pengembangan senjata berbasis laser. Yang tak kalah penting, Kurzweil juga memprediksi bahwa seiring dengan mulai bersaingnya komputer dengan manusia, secara paradoks, hal tersebut justru akan menyingkap hakikat menjadi manusia. Mungkin prediksi paling mencengangkan yang disampaikan Kurzweil dalam buku ini berkaitan dengan penggunaan laptop berteknologi Wi-Fi, di mana para pelajar dapat mengakses seluruh perpustakaan di dunia "dari dalam tas sekolah mereka" serta mengirimkan "pesan cinta" melalui jaringan Wi-Fi:

> Jaringan nirkabel akan mempermudah pertukaran materi pembelajaran, pengumpulan tugas atau ujian oleh siswa, tanggapan terhadap materi pelajaran, serta berbagai karya lainnya, termasuk melalui surat elektronik dan bentuk komunikasi lain (seperti pesan cinta). Dengan terhubung ke jaringan informasi internasional, para pelajar akan memiliki akses langsung ke seluruh perpustakaan di dunia, cukup dari dalam tas sekolah mereka.

Perlu diingat bahwa prediksi ini dibuat jauh pada tahun 1990. Dalam *The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*, yang diterbitkan pada tahun 1999, Kurzweil kembali melontarkan serangkaian prediksi untuk tahun 2009. Prediksi-prediksinya, khususnya mengenai komputer, terbukti sangat akurat. Kurzweil mencatat, "Komputer portabel akan menjadi jauh lebih ringan dan tipis dibandingkan komputer jinjing (*notebook*) yang ada sepuluh tahun sebelumnya." Hal ini mengingatkan kita pada MacBook Air yang diluncurkan pada tahun 2008 perangkat yang jauh lebih ringan dibandingkan laptop-laptop besar dan tebal yang lazim ditemukan pada masa saat prediksi tersebut dibuat. Ia bahkan memprediksi bahwa kita kelak akan bisa 'mengenakan' komputer kita.

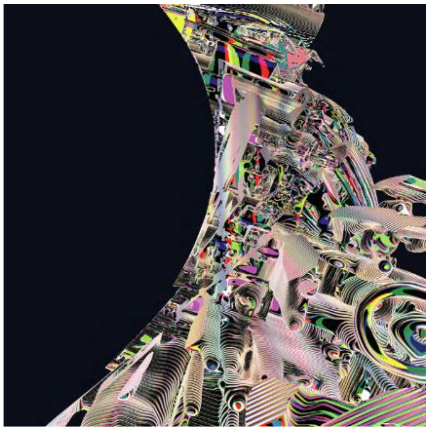
Saat ini, tentu saja, kita sudah begitu terbiasa dengan iPod, jam tangan FitBit, ponsel, dan perangkat Bluetooth sehingga sulit untuk membayangkan masa ketika benda-benda sehari-hari seperti itu belum ada. Ia juga memprediksi bahwa perangkat-perangkat tersebut tidak akan lagi menggunakan papan ketik (*keyboard*), kabel akan menghilang, dan kita akan menggunakan Wi-Fi. Di era ponsel layar sentuh dan Wi-Fi yang tersedia di mana-mana, sulit untuk mengingat bahwa pernah ada masa ketika fasilitas-fasilitas ini belum tersedia. Kurzweil juga secara akurat memprediksi diperkenalkannya teknologi pengenalan wajah pada perangkat kita serta penggunaan kacamata AR (*augmented reality*). Sekali lagi, hal yang

menonjol dari prediksi-prediksi Kurzweil adalah betapa akuratnya prediksi tersebut terbukti. Namun, dalam beberapa kasus, ada prediksi Kurzweil yang tidak terwujud tepat waktu. Sepertinya Kurzweil meremehkan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar pengembangan tersebut layak secara komersial, meskipun secara teknis mungkin sudah bisa dilakukan di laboratorium.

Sebagai contoh, pada tahun 1990, Kurzweil menyatakan bahwa menjelang tahun 1999, 'Konsumen akan dapat duduk di depan komputer rumah mereka dan merancang pakaian sendiri sesuai dengan ukuran dan gaya yang mereka inginkan menggunakan perangkat lunak desain berbasis komputer yang mudah digunakan.' Begitu pula, Kurzweil memprediksi bahwa pada tahun 2009, akan ada telepon penerjemah yang memungkinkan pengguna untuk saling berbicara dalam bahasa yang berbeda, dan sebagian besar teks akan dibuat menggunakan teknologi pengenalan suara. Meskipun saat ini sudah ada aplikasi yang mampu melakukan hal tersebut, teknologi ini belum tersedia pada tahun 2009. Selain itu, dalam beberapa kesempatan lain prediksi Kurzweil hanya benar sebagian. Sebagai contoh, ia memprediksi bahwa menjelang tahun 2009, sebagian besar perjalanan jarak jauh akan dilakukan dengan menggunakan 'pengemudi sibernetik' sejenis sistem kendali otomatis meskipun moda transportasi konvensional tetap akan digunakan untuk perjalanan jarak dekat. Ia secara cermat membedakan konsep ini dari mobil yang sepenuhnya dapat mengemudi sendiri (otonom). Meskipun saat ini kita sudah memiliki fitur kendali kecepatan (*cruise control*) dan peringatan otomatis saat kendaraan keluar dari jalur, pada tahun 2009 kita belum benar-benar memiliki apa yang disebut sebagai 'pengemudi sibernetik' tersebut.

9.2 PERDEBATAN TENTANG PENCAPAIAN AGI

Artificial General Intelligence (AGI) yang terkadang disebut sebagai kecerdasan setingkat manusia merupakan bentuk kecerdasan buatan (AI) serba guna yang tidak terbatas pada cakupan kemampuan tertentu saja. OpenAI mendefinisikan AGI sebagai "sistem yang sangat otonom yang mengungguli manusia dalam sebagian besar pekerjaan yang bernilai secara ekonomi." Sebagian besar pihak yang berkecimpung di bidang AI yakin bahwa AGI dapat dicapai. Bahkan, OpenAI seperti perusahaan AI terkemuka lainnya, contohnya DeepMind berdedikasi untuk mewujudkan AGI. Bagi Kurzweil, tidak ada keraguan bahwa pada akhirnya kita akan mencapai AGI. Prediksi terbarunya mengenai kemunculan AGI adalah pada tahun 2029.



Gambar 9.3 Eduard Haiman, Endlessskyscraper, dihasilkan menggunakan StyleGAN dan teknik-teknik lainnya.

Akan tetapi, beberapa pihak mulai mempertanyakan apakah AGI (kecerdasan umum buatan) benar-benar masih sangat jauh. 'Kejutan' yang muncul baru-baru ini akibat kemajuan pesat dalam model bahasa besar (LLM) telah memaksa banyak orang untuk meninjau kembali pandangan mereka. Sebagai contoh, Chalmers salah satu filsuf terkemuka di bidang kesadaran berpendapat bahwa dengan diluncurkannya GPT-3, LLM telah menunjukkan tanda-tanda kecerdasan umum, sekaligus mengisyaratkan kemungkinan adanya jalur menuju AGI yang tidak melibatkan kesadaran (atau 'tanpa pikiran'). Bahkan, Musk menduga bahwa OpenAI mungkin telah berhasil mencapai AGI. Mungkin posisi yang paling ekstrem datang dari Arcas dan Peter Norvig, yang bersikeras bahwa AGI sudah hadir saat ini: 'Model AI tercanggih saat ini memang memiliki banyak kekurangan, namun beberapa dekade mendatang, model-model tersebut akan diakui sebagai contoh nyata pertama dari kecerdasan umum buatan.' Sebaliknya, Jacob Browning dan Yann LeCun yakin bahwa AGI tidak akan pernah bisa dicapai melalui LLM: 'Sistem kecerdasan buatan yang hanya dilatih menggunakan kata-kata dan kalimat tidak akan pernah bisa menyamai pemahaman manusia.'

9.3 SINGULARITAS TEKNOLOGI DAN MASA DEPAN KECERDASAN MANUSIA

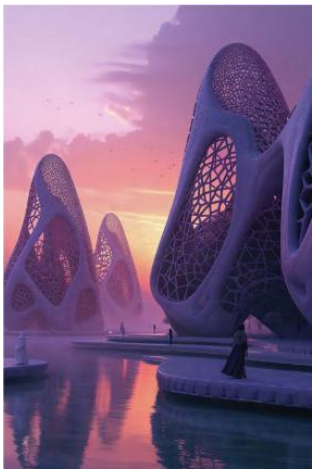
Prediksi Kurzweil yang paling terkenal berkaitan dengan apa yang ia sebut sebagai Singularitas sebuah tahapan dalam perkembangan kecerdasan buatan (AI) yang diproyeksikan dalam kaitannya dengan kecerdasan manusia, yang membawa transisi dari kecerdasan setingkat manusia menuju kecerdasan super (*superintelligence*). Menurut Kurzweil, tidak lama setelah tercapainya kecerdasan buatan umum (AGI), kita akan mencapai Singularitas. Prediksi terbarunya mengenai kapan Singularitas akan terjadi adalah pada tahun 2045. Istilah 'singularitas' berasal dari bidang fisika, yang merujuk pada suatu momen seperti peristiwa Big Bang di mana matematika tidak lagi berlaku, dan pemahaman kita pun turut runtuh. John von Neumann kemudian mengaitkan istilah ini dengan laju perkembangan teknologi yang terus meningkat. Stanislaw Ulam menjabarkannya sebagai momen ketika 'kemajuan teknologi yang terus dipercepat... tampak seolah-olah mendekati suatu singularitas dalam sejarah umat manusia, yang melampaui titik di mana tatanan kehidupan manusia seperti yang kita kenal

selama ini tidak dapat lagi berlanjut'. Vernon Vinge kemudian memperluas definisi ini dengan mencetuskan istilah 'singularitas teknologi' (*technological singularity*):

> Apa konsekuensi dari peristiwa ini? Ketika kecerdasan yang melampaui kecerdasan manusia menggerakkan kemajuan, maka kemajuan tersebut akan berlangsung jauh lebih cepat. Bahkan, tidak ada alasan mengapa kemajuan itu sendiri tidak akan mencakup penciptaan entitas yang jauh lebih cerdas dalam rentang waktu yang jauh lebih singkat. Analogi terbaik yang bisa saya berikan adalah dengan melihat masa lalu evolusioner: Hewan memang mampu beradaptasi terhadap masalah dan menciptakan sesuatu, namun sering kali tidak lebih cepat daripada proses seleksi alam dunia berperan sebagai simulator bagi dirinya sendiri. Kita, manusia, memiliki kemampuan untuk menginternalisasi dunia dan melakukan simulasi 'bagaimana jika' di dalam pikiran kita; kita mampu memecahkan berbagai masalah ribuan kali lebih cepat dibandingkan melalui seleksi alam. Kini, dengan menciptakan sarana untuk menjalankan simulasi tersebut pada kecepatan yang jauh lebih tinggi, kita memasuki sebuah tatanan yang secara radikal berbeda dari masa lalu manusia, sama seperti perbedaan antara manusia dan hewan tingkat rendah. Dari sudut pandang manusia, perubahan ini akan meruntuhkan semua aturan yang ada sebelumnya mungkin dalam sekejap mata sebuah lonjakan eksponensial yang tidak mungkin lagi dikendalikan.

Kurzweil mengembangkan deskripsi-deskripsi sebelumnya dan menggambarkan Singularity sebagai ledakan kecerdasan suatu momen perubahan teknologi yang begitu pesat hingga menjadi sebuah 'keretakan dalam tatanan sejarah manusia' dengan konsekuensi yang sangat besar bagi masa depan umat manusia:

> Dalam beberapa dekade mendatang, kecerdasan mesin akan melampaui kecerdasan manusia, yang mengarah pada Singularity sebuah perubahan teknologi yang begitu cepat dan mendalam sehingga menciptakan keretakan dalam tatanan sejarah manusia. Implikasinya mencakup penyatuan antara kecerdasan biologis dan nonbiologis, manusia berbasis perangkat lunak yang abadi, serta tingkat kecerdasan yang sangat tinggi yang meluas ke seluruh alam semesta dengan kecepatan cahaya.



Gambar 9.4 Ila Colombo, Symbiocene, dibuat menggunakan MidJourney V6.

Dari perspektif filosofis, David Chalmers sependapat dengan Kurzweil bahwa Singularity memang mungkin terjadi. Sementara itu, meskipun ada pihak yang merasa ragu atau bahkan memandang negatif terhadap dampak perkembangan ini, Kurzweil sendiri bersikap sangat positif. Mesin telah memperbaiki kehidupan kita, dan Kurzweil yakin bahwa mesin akan terus meningkatkannya lebih jauh lagi: 'Apa yang sebenarnya terjadi adalah [mesin-mesin tersebut] menjadi sumber kekuatan bagi kita semua. Mesin membuat kita lebih cerdas. Mungkin saat ini mesin belum berada di dalam tubuh kita, tetapi menjelang tahun 2030-an, kita akan menghubungkan neokorteks kita bagian otak tempat kita berpikir ke dalam cloud.' Kurzweil yakin bahwa mesin tidak hanya akan membuat kita lebih cerdas, tetapi juga akan menghadirkan manfaat lain bagi umat manusia: 'Kita akan menjadi lebih jenaka, lebih mahir dalam bermusik. Kita juga akan menjadi lebih menarik secara seksual.'

9.4 SUPERINTELIJENSI ARTIFISIAL DAN POTENSI LEDAKAN KECERDASAN

Begitu Singularity (titik singularitas) tercapai, langkah menuju superintelijensi atau superintelijensi artifisial (*artificial superintelligence*/ASI) menjadi sangat singkat. Nick Bostrom mendefinisikan ASI sebagai "intelijensi apa pun yang jauh melampaui kinerja kognitif manusia di hampir semua bidang yang berarti". Kemungkinan yang ditawarkan oleh ASI tampak tak terbatas:

> Menurut definisinya, ASI dapat berkinerja lebih baik daripada kita dalam tugas apa pun yang bisa dibayangkan, termasuk keterampilan intelektual. ASI mampu melakukan Pembelajaran ilmiah, mempelajari kemampuan baru secara mandiri, memperbaiki kodenya sendiri, menciptakan salinan dirinya dalam jumlah tak terbatas, menentukan cara yang lebih efisien dalam menggunakan sumber daya komputasinya, bahkan mengubah lingkungan di Bumi atau mengkolonisasi planet lain.

Konsep yang sangat erat kaitannya dengan superintelijensi adalah "*ultraintelijensi*" (*ultraintelligence*) sebuah istilah yang dicetuskan oleh Good pada tahun 1965 yang didefinisikan sebagai: "Mesin yang mampu melampaui seluruh aktivitas intelektual manusia, sepintar apa pun manusia tersebut."Pertanyaannya kemudian, apakah kita bahkan mampu mengenali kecerdasan dari mesin yang superintelijen atau ultraintelijen, mengingat kecerdasan yang ditunjukkannya mungkin berada jauh di luar jangkauan pemahaman kita? Seperti yang dikemukakan oleh Elon Musk: "Kesalahan terbesar yang sering dilakukan oleh para peneliti kecerdasan buatan adalah menganggap diri mereka cerdas. Padahal, dibandingkan dengan AI, mereka tidaklah cerdas. Banyak dari mereka bahkan tidak bisa membayangkan sesuatu yang lebih pintar daripada diri mereka sendiri, padahal AI akan jauh lebih pintar jauh lebih pintar."

Ada pula pendapat yang menyatakan bahwa mesin yang ultraintelijen atau superintelijen akan menjadi penemuan terakhir yang perlu diciptakan oleh umat manusia. Sebab, begitu titik tersebut tercapai, mesin-mesin superintelijen akan mampu merancang mesin lain yang jauh lebih cerdas, sementara manusia tidak akan pernah mampu

menyainginya: "Karena merancang mesin merupakan salah satu bentuk aktivitas intelektual, maka mesin yang ultraintelijen dapat merancang mesin yang jauh lebih baik lagi. Dengan demikian, akan terjadi 'ledakan kecerdasan' (*intelligence explosion*), dan kecerdasan manusia akan tertinggal jauh di belakang. Oleh karena itu, mesin ultraintelijen pertama adalah penemuan terakhir yang perlu dibuat oleh manusia." Dan jika kita sampai pada titik tersebut, bukankah itu berarti "permainan berakhir" (*game over*) bagi umat manusia?

9.5 KETIDAKPASTIAN DALAM PREDIKSI PERKEMBANGAN AGI

'Membuat prediksi itu sangat sulit,' ujar Niels Bohr, 'terutama mengenai masa depan.' Jika prediksi Anda tepat, semua orang akan mengatakan bahwa kejadian tersebut memang sudah jelas akan terjadi. Jika prediksi Anda meleset, semua orang akan mengatakan bahwa hal itu justru sudah jelas tidak akan pernah terjadi. Prediksi juga cenderung penuh dengan kesalahan. Itulah sebabnya teknik seperti backpropagation digunakan untuk mengoreksi kesalahan dan meningkatkan akurasi prediksi dalam kecerdasan buatan (AI). Namun, prediksi mengenai masa depan AI itu sendiri tampaknya jauh lebih bermasalah.

Menentukan tanggal saja sudah cukup sulit. Ambil contoh prediksi mengenai AGI (*Artificial General Intelligence* atau kecerdasan umum buatan). Martin Ford melakukan sebuah survei yang menghasilkan angka median tahun 2099. Faktanya, terdapat banyak survei berbeda mengenai linimasa ini, dan tidak satu pun yang menunjukkan kesepakatan.64 Meskipun Kurzweil memperkirakan AGI akan tercapai pada tahun 2029, Rodney Brooks berpendapat bahwa perjalanan kita masih sangat panjang dan ia tidak yakin AGI akan terwujud sebelum tahun 2200: 'Program AI mana pun di dunia saat ini hanyalah seorang idiot savant (individu dengan kemampuan luar biasa dalam bidang tertentu namun memiliki keterbatasan kognitif secara umum) yang hidup dalam "lautan masa kini".'

Masalah yang sesungguhnya, bagaimanapun, adalah kurangnya kesepakatan mengenai definisi AGI itu sendiri. Francesca Rossi menyamakan konsep Singularity dengan AGI. Demikian pula, Ford dan Kurzweil menyamakan 'AI setingkat manusia' (*human-level AI*) dengan AGI. Sementara itu, Russell menganggap bahwa upaya mencapai AGI sebenarnya sama dengan upaya mengembangkan AI itu sendiri: 'AGI pada dasarnya adalah apa yang selama ini kita sebut sebagai kecerdasan buatan. Kita hanya belum selesai, dan kita memang belum menciptakan AGI.' Singkatnya, AGI dan tahapan-tahapan lain dalam pengembangan AI tetap sulit untuk didefinisikan, apalagi diprediksi. Semakin kita menelusurinya, semakin sedikit konsensus yang kita temukan mengenai AGI. Bagaimanapun, bagaimana kita bisa mengetahui secara tepat kapan tahapan-tahapan ini tercapai? Dan bagaimana mungkin perkembangan semacam itu bersifat universal? Tentu saja, bidang yang berbeda akan mengalami kemajuan dengan kecepatan yang berbeda pula. Apa yang mungkin sudah berlaku untuk permainan catur atau Go, misalnya, belum tentu berlaku untuk bidang-bidang lain.

Namun, mungkin kesalahan prediksi terbesar kita adalah berasumsi bahwa sesuatu seperti AGI (Kecerdasan Umum Buatan) itu bisa ada. Kevin Kelly, sebagai contoh, meyakini bahwa keseluruhan proyek AGI merupakan gagasan yang keliru. Ia berpendapat bahwa kecerdasan bukanlah sesuatu yang berdimensi tunggal: "Kesalahpahaman paling umum

mengenai kecerdasan buatan adalah anggapan bahwa kecerdasan alami merupakan satu dimensi tunggal." Sebaliknya, kecerdasan terdiri dari "berbagai jenis dan moda kognisi, yang masing-masing merupakan sebuah kontinum." Terlebih lagi, kecerdasan pada dasarnya adalah sebuah ekosistem yang melibatkan beragam cara berpikir dan tersebar di seluruh tubuh. Mitchell memiliki pandangan serupa; ia mencatat bahwa AGI bukanlah konsep yang mungkin dipertimbangkan oleh para ilmuwan kognitif: "Kebanyakan ilmuwan kognitif akan sepakat bahwa kecerdasan bukanlah kuantitas yang dapat diukur pada satu skala tunggal yang bisa dinaikkan atau diturunkan sesuka hati melainkan sebuah integrasi kompleks dari kemampuan umum dan khusus yang, sebagian besar, bersifat adaptif dalam relung evolusioner tertentu."

9.6 KECERDASAN DIGITAL DAN KEUNGGULAN BERBAGI PENGETAHUAN

Jika kita ingin mengukur kemajuan dalam AI dengan membandingkannya terhadap kapasitas kognitif manusia, kita perlu menggunakan pendekatan yang tidak terlalu monolitik. Kita harus meninggalkan gagasan satu dimensi mengenai tahapan perkembangan yang homogen seperti AGI atau bahkan Singularity dan berupaya melacak kemampuan AI yang terus berkembang, bukan dengan membandingkannya terhadap "kecerdasan alami" secara umum, melainkan terhadap lanskap kapasitas kognitif manusia yang lebih beragam. Dengan demikian, kita perlu mengadopsi pendekatan yang lebih bernuansa terhadap kognisi manusia itu sendiri, serta meninjau kecerdasan dalam konteks yang lebih luas bersama kapasitas kognitif lainnya, seperti pengetahuan, pemahaman, dan cara berpikir. Meski begitu, kita harus menerima kenyataan bahwa kita mungkin tidak akan pernah cukup dekat untuk dapat membuat perbandingan yang bermakna antara AI dan kapasitas kognitif manusia. Dalam hal ini, mungkin ada gunanya untuk mengetahui pendapat *Geoffrey Hinton* bukan hanya karena ia memegang posisi terkemuka di bidang kecerdasan buatan (AI), tetapi juga karena ia memiliki latar belakang di bidang psikologi eksperimental.

Seperti banyak orang lainnya, Hinton mengakui bahwa ChatGPT kemungkinan besar ‘mengetahui’ sekitar 10.000 kali lebih banyak daripada satu orang mana pun. Bagi Hinton, paradoks di sini adalah bahwa ChatGPT hanya memiliki sekitar satu triliun koneksi, sementara otak manusia memiliki jumlah sepuluh kali lipat lebih banyak. Lantas, bagaimana ChatGPT bisa memperoleh pengetahuan sebanyak itu dengan begitu cepat? Salah satu alasannya, menurut Hinton, adalah karena komputer dapat ‘belajar’ jauh lebih cepat daripada manusia dengan cara berbagi pengetahuan secara instan. Sebagaimana dicatat oleh Hinton, Kecerdasan digital ini memiliki sesuatu yang tidak kita miliki, yang membuat mereka jauh lebih unggul. Ketika salah satu dari mereka mengetahui sesuatu, ia bisa memberi tahu yang lainnya. Hal inilah yang tidak kita miliki sebagai manusia. Bayangkan jika ada 10.000 orang, dan bayangkan jika saat satu orang mempelajari sesuatu, semua orang langsung mengetahuinya. Anda tentu bisa mempelajari jauh lebih banyak hal, bukan? Itulah sebabnya sistem seperti ChatGPT bisa mengetahui sekitar 10.000 kali lebih banyak daripada satu orang mana pun. Sebab, saat melatihnya, terdapat banyak salinan berbeda yang menelaah bagian-bagian data yang berbeda pula sambil terus belajar dan semuanya dapat menggabungkan apa yang telah dipelajari secara instan, dengan lebar pita (*bandwidth*) mencapai triliunan bit. Dengan

demikian, mungkin kita perlu melihat melampaui logika eksponensial sederhana dari Hukum Moore, dan memahami penyebaran pengetahuan yang bersifat viral di era paralelisme dan penskalaan ini sebagai sesuatu yang hampir menyerupai sebuah ledakan.

9.7 PEMAHAMAN AI DAN PERDEBATAN TENTANG KOGNISI NONBIOLOGIS

Pemahaman melampaui sekadar pengetahuan. Jika pengetahuan dapat dipahami sebagai akumulasi dari seluruh informasi yang telah diserap, maka pemahaman mencakup kemampuan untuk menangkap makna atau signifikansi dari pengetahuan tersebut. Pendekatan tradisional memandang AI sebagai sesuatu yang murni mekanis dan tidak memiliki tingkat pemahaman yang nyata. Hal ini terutama disebabkan oleh pandangan bahwa kognisi harus bersifat 'terwujud' (*embodied*) berakar dan bersentuhan dengan dunia fisik yang nyata sementara AI sama sekali tidak memiliki wujud fisik seperti itu.

Akan tetapi, beberapa pihak mulai berpendapat bahwa melalui data pelatihan yang sangat luas, model bahasa besar (LLM) dapat mengembangkan semacam 'pemahaman' yang merupakan bentuk pengetahuan yang terwujud (*embodied knowledge*). Sebagaimana diungkapkan oleh Arcas, 'Model bahasa besar menunjukkan untuk pertama kalinya bahwa pemahaman bahasa dan kecerdasan dapat dipisahkan dari segala karakteristik fisik dan emosional yang kita miliki baik di antara sesama manusia maupun dengan banyak hewan lain... Dengan pengetahuan yang kita miliki saat ini, sulit untuk menyatakan bahwa otak biologis mampu menyandi atau memanipulasi pola-pola tersebut dengan cara yang tidak bisa dilakukan oleh jaringan saraf tiruan digital.'

Tentu saja, Hinton sendiri kini meyakini bahwa kecerdasan buatan (AI) telah mengembangkan suatu bentuk pemahaman. Ia mulai menyadari hal ini setelah PaLM (versi ChatGPT dari Google) menjelaskan sebuah lelucon kepadanya. Jika AI mampu menjelaskan lelucon, pikir Hinton, berarti AI tersebut pastilah mampu 'memahami' lelucon itu. 'Selama bertahun-tahun saya mengatakan kepada orang-orang bahwa butuh waktu lama sebelum AI bisa menjelaskan mengapa sebuah lelucon dianggap lucu,' ujarnya. 'Itu semacam tolok ukur.' Namun, Hinton melangkah lebih jauh lagi. Pada tingkat dasar, chatbot bekerja dengan cara memprediksi kata berikutnya dalam sebuah kalimat. Akan tetapi, jangan menganggap bahwa mereka sekadar melakukan prediksi statistik atau pelengkapan otomatis (*auto-complete*). Untuk menghasilkan prediksi tersebut, mereka harus 'memahami' kalimat itu; bahkan, agar bisa menanggapi sebuah pertanyaan, mereka harus benar-benar menjawab pertanyaan tersebut terlepas dari apakah 'pemahaman' ini sama persis dengan pemahaman manusia atau tidak.

9.8 PERBEDAAN KECERDASAN MANUSIA DAN KECERDASAN BUATAN

Kini kita dapat mulai membahas pertanyaan mengenai kecerdasan itu sendiri, yang jauh lebih kompleks daripada sekadar pengetahuan atau pemahaman. Kecerdasan merujuk pada kemampuan untuk menerapkan pengetahuan tersebut secara efektif. Tentu saja, hal ini sangat bergantung pada bagaimana kita mendefinisikan 'kecerdasan'. Ada berbagai bentuk kecerdasan, dan keliru jika kita membatasi diri pada definisi yang hanya terpaku pada

kecerdasan manusia. Bagi Hinton, terdapat dua jenis kecerdasan utama: kecerdasan biologis dan kecerdasan mekanis. Oleh karena itu, kita perlu membedakan kecerdasan AI dari kecerdasan manusia: 'Ini adalah bentuk kecerdasan yang sama sekali berbeda.'

Dengan demikian, Hinton berpendapat bahwa AI tidak hanya telah menyamai kecerdasan manusia, tetapi juga melampauinya dengan selisih yang cukup besar. Ia meyakini bahwa AI telah mengembangkan suatu bentuk 'kecerdasan' meskipun bukan bentuk kecerdasan alami yang jauh lebih unggul daripada kecerdasan manusia; sebuah 'bentuk kecerdasan yang baru dan lebih baik'. Terlebih lagi, kecerdasan AI akan terus berkembang dengan kecepatan yang luar biasa. Sebagai contoh, Mo Gawdat kini memprediksi bahwa pada tahun 2037, AI akan menjadi satu miliar kali lebih cerdas daripada manusia. Jelaslah bahwa kecerdasan manusia bukanlah puncak mutlak dari kecerdasan. Bisa dikatakan, sudah ada bentuk-bentuk kecerdasan yang jauh melampaui kecerdasan pikiran manusia, yang mungkin bahkan tidak kita sadari. Namun, masalah sesungguhnya dalam membandingkan AI dengan kecerdasan manusia seperti yang ditunjukkan oleh Melanie Mitchell dan David Kracauer adalah bahwa hingga saat ini kita belum sepenuhnya memahami kecerdasan manusia itu sendiri.84 Selama kita belum memahaminya, perbandingan yang kita lakukan pada dasarnya hanyalah membandingkan satu 'kotak hitam' (*black box*) dengan 'kotak hitam' lainnya.

9.9 KEMAMPUAN BERPIKIR AI DAN PERKEMBANGAN KOGNISI MESIN

Meskipun kecerdasan menggambarkan potensi kognitif kita, 'berpikir' melangkah lebih jauh dan berkaitan secara lebih tepat dengan bagaimana kita memanfaatkan potensi tersebut. Selama ini, asumsi umum yang berlaku adalah bahwa AI tidak dapat berpikir, dan tidak akan mampu melakukannya dalam waktu dekat. Namun, dengan berkembangnya model bahasa besar (LLM) dan ditemukannya kemampuan-kemampuan yang muncul (*emergent abilities*) pada model tersebut serta meningkatnya spekulasi bahwa AI mungkin telah mencapai kecerdasan umum buatan (AGI) beberapa pakar mulai mempertanyakan apakah AI sebenarnya sudah mulai berpikir. Hinton adalah salah satunya.

'Apakah AI Mulai Berpikir?'

Ia menuturkan:

> Saya sedang berbicara dengan sebuah chatbot, dan jawaban-jawaban yang diberikannya terasa agak aneh bagi saya. Tiba-tiba saya menyadari bahwa chatbot itu menganggap saya sebagai seorang gadis remaja. Lalu saya bertanya, 'Menurutmu, saya termasuk dalam kelompok demografis yang mana?'

Dan chatbot itu menjawab bahwa ia menganggap saya sebagai seorang gadis remaja. Jadi pertanyaannya adalah, ketika saya mengatakan, 'Tiba-tiba saya menyadari bahwa ia menganggap saya sebagai seorang gadis remaja', apakah penggunaan kata 'menganggap' (atau 'berpikir') di sini bersifat metaforis? Atau apakah maknanya sama persis dengan cara kita menggunakan kata 'berpikir' dalam konteks manusia? Saya sangat yakin bahwa penggunaan kata 'berpikir' dalam kalimat 'ia menganggap (berpikir) bahwa saya adalah seorang gadis

remaja' memiliki makna yang persis sama dengan penggunaan kata 'berpikir' saat kita menerapkannya pada manusia. Apakah AI mulai berpikir?

9.10 KESADARAN AI: PERDEBATAN TENTANG STRONG AI DAN HAKIKAT KECERDASAN

Lebih jauh lagi, Hinton meyakini bahwa AI tidak hanya mampu berpikir, tetapi juga dapat melakukan penalaran termasuk penalaran logis yang kompleks. Karena penalaran terjadi dalam momen-momen kesadaran, muncul pertanyaan apakah komputer mungkin bisa mencapai kesadaran. Hal ini disebut sebagai 'AI Kuat' (*Strong AI*). Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kebanyakan orang berpendapat bahwa saat ini kita hanya memiliki 'AI Lemah' (*Weak AI*) di mana AI dapat beroperasi layaknya 'zombi', sebagaimana diistilahkan oleh David Chalmers, namun tidak memiliki kesadaran. Istilah terkait, yaitu *sentience* kapasitas untuk merasakan sensasi dan emosi merujuk pada gagasan minimalis tentang kesadaran. Agar dapat mencapai taraf kesadaran yang sesungguhnya, hal ini perlu disertai dengan kesadaran diri (*self-awareness*), kemampuan berpikir (*sapience*), intensionalitas, serta berbagai karakteristik tingkat tinggi lainnya.

Hinton sendiri meyakini bahwa model bahasa besar (LLM) memang memiliki 'pengalaman', namun ia belum sampai pada klaim bahwa model-model tersebut memiliki kesadaran. Ia menyatakan, "Menurut saya, saat ini mereka mungkin belum memiliki banyak kesadaran diri. Jadi, dalam artian tersebut, saya rasa mereka belum sadar, [tetapi] saya yakin mereka akan memiliki kesadaran diri seiring berjalannya waktu." Filsuf yang mendalami topik kesadaran, Daniel Dennett, sependapat dengannya; ia meyakini bahwa secara prinsip, AI mungkin saja mencapai kesadaran, namun proses tersebut jauh lebih sulit daripada yang sering dibayangkan oleh banyak orang di bidang AI. Masalah mengenai kesadaran adalah bahwa topik ini tetap menjadi salah satu subjek yang paling kompleks dan paling banyak diperdebatkan. Belum ada kesepakatan mengenai apa sebenarnya yang membentuk kesadaran dengan asumsi, tentu saja, bahwa kesadaran itu memang benar-benar ada. Selain itu, seandainya AI mampu memiliki kesadaran, tantangan utamanya mungkin adalah memastikan apakah AI tersebut memang benar-benar sadar sejak awal.

Tentu saja, kita tidak ingin terjebak seperti Blake Lemoine, mantan insinyur Google yang sempat mengklaim bahwa LaMDA memiliki kesadaran (*sentient*) hanya karena sistem tersebut tampak demikian. Memang sangat mudah untuk melakukan antropomorfisme terhadap chatbot yakni menganggapnya seolah-olah ia adalah lawan bicara manusia yang nyata. Namun, kita harus berhati-hati untuk tidak langsung menyimpulkan bahwa AI memiliki kesadaran hanya karena ia tampak sadar. Untuk mencapai AI Kuat (*Strong AI*), sebuah komputer harus benar-benar memiliki kesadaran. Hal ini sama saja dengan menyetujui Tes Turing, yang menilai apakah komputer dapat dianggap sebagai manusia hanya berdasarkan penampilan luarnya. Mungkin kritik paling tajam terhadap Tes Turing datang dari filsuf John Searle, melalui eksperimen pikiran terkenalnya yang disebut 'Ruangan Tiongkok' (*Chinese Room*). Bayangkan sebuah program komputer dirancang sedemikian rupa hingga tampak seolah-olah mampu memahami bahasa Mandarin.

Program tersebut dapat menerima teks bahasa Inggris dan menerjemahkannya ke dalam teks bahasa Mandarin dengan sangat meyakinkan, sehingga lolos 'Tes Turing' artinya, tidak ada seorang pun yang menyadari bahwa itu hanyalah sebuah program komputer. Sekarang, bayangkan jika Searle sendiri berada di dalam sebuah ruangan tertutup yang dilengkapi dengan buku panduan dalam bahasa Inggris yang menjelaskan proses penerjemahan tersebut. Ia tentu bisa memproses materi itu dengan cara yang serupa. Satu-satunya masalah adalah ia tidak memahami bahasa Mandarin. Hal ini analog dengan persoalan kesadaran. Sebuah komputer mungkin tampak memiliki kesadaran, padahal ia tidak memahami apa yang sedang dilakukannya. Dengan kata lain, dalam eksperimen Ruangan Tiongkok, Searle mungkin tampak mampu menerjemahkan bahasa Mandarin, padahal ia sebenarnya tidak memahami bahasa tersebut. Dengan demikian, eksperimen Ruangan Tiongkok menantang logika di balik Tes Turing. Bagi Searle, Tes Turing tidak memadai karena hanya menguji apakah sebuah komputer tampak seperti manusia, bukan apakah komputer tersebut benar-benar manusia. Bisa saja itu hanyalah sebuah ilusi. Singkatnya, terdapat perbedaan yang signifikan antara entitas yang tampak sebagai sesuatu dengan entitas yang memang benar-benar merupakan sesuatu tersebut.

Akan tetapi, Dennett tidak sependapat dengan Searle; ia meyakini bahwa kesadaran itu sendiri hanyalah sebuah ilusi. Bagi Dennett, kesadaran kita tidak lebih dari sekadar representasi kita tentang dunia. Pandangan ini cukup masuk akal jika kita menerima anggapan umum bahwa kesadaran merupakan semacam 'film batin' yang diputar di dalam kepala kita. Dengan demikian, kesadaran hanyalah persoalan representasi yakni kemunculan kesadaran itu sendiri yang selaras dengan cara Plato menggambarkan persepsi kita terhadap realitas dalam alegori gua, di mana realitas yang kita tangkap hanyalah sebuah penampakan. Pandangan ini juga sejalan dengan gagasan Seth bahwa persepsi kita terhadap realitas sebenarnya merupakan halusinasi yang terkendali.

Jika demikian, melalui pembalikan argumen yang menarik, kita justru dapat menggunakan eksperimen 'Ruangan Tiongkok' (*Chinese Room*) milik Searle untuk menantang argumennya sendiri. Dengan kata lain, kesadaran itu sendiri bisa jadi merupakan sebuah ilusi, sama seperti potensi ilusi bahwa kecerdasan buatan (AI) memiliki kesadaran atau kemampuan untuk merasakan sesuatu. Terlepas dari apakah Dennett benar atau tidak, gagasan bahwa kesadaran dapat memberikan akses yang andal terhadap 'realitas' jelas patut diperdebatkan. Selama kita belum memahami secara tepat apa itu kesadaran, ada risiko bahwa kita mungkin melebih-lebihkan pentingnya kesadaran tersebut.

Selain itu, kita juga perlu mempertanyakan apakah kita dapat secara sah mengaitkan kesadaran dengan kecerdasan, apalagi dengan kecerdasan buatan (AI). Hassabis, misalnya, berpendapat bahwa kecerdasan dan kesadaran bahkan tidak saling bergantung satu sama lain: 'Anda bisa memiliki kecerdasan tanpa kesadaran, dan Anda bisa memiliki kesadaran tanpa kecerdasan setingkat manusia.' Roger Penrose sependapat dengan pandangan ini. Seth pun setuju: 'Kesadaran dan kecerdasan adalah dua hal yang sama sekali berbeda. Anda tidak perlu menjadi cerdas untuk bisa merasakan penderitaan, tetapi Anda mungkin harus menjadi makhluk hidup.'

Sebagaimana dikemukakan oleh Max Tegmark, kesadaran mungkin menjadi satu-satunya hal yang dapat dipegang oleh manusia ketika komputer kelak melampaui kecerdasan manusia: 'Kita, manusia, telah membangun identitas diri sebagai Homo sapiens entitas paling cerdas yang ada.' Saat kita bersiap untuk menghadapi kenyataan bahwa mesin akan menjadi jauh lebih cerdas daripada kita sebuah kondisi yang mungkin membuat kita merasa rendah diri saya mengusulkan agar kita menyebut diri kita sebagai Homo sentiens! Selain itu, jika kita memandang dunia sebagai bentuk kecerdasan yang diperluas sebuah perpaduan antara manusia dan mesin, di mana kesadaran manusia secara otomatis menjadi bagian di dalamnya maka kebutuhan agar mesin juga memiliki kesadaran menjadi tidak terlalu mendesak. Kita bahkan bisa berargumen bahwa kecerdasan buatan (AI) tidak harus memiliki kesadaran. Bagaimana jika kita menilai AI bukan berdasarkan standar kecerdasan manusia, melainkan berdasarkan tolok ukurnya sendiri? Dengan cara pandang ini, persoalan mengenai kesadaran menjadi tidak relevan. Fokus utamanya adalah tugas apa yang bisa diselesaikan oleh AI, bukan apakah AI mampu menunjukkan kesadaran setingkat manusia. Seperti yang dicatat oleh Yuval Noah Harari, "Mungkin ada beberapa jalur alternatif menuju superintelijensi, dan hanya sebagian di antaranya yang melewati ranah kesadaran."

Hal ini membawa Harari pada pertanyaan penting: "Manakah yang sebenarnya lebih penting, kecerdasan atau kesadaran?" Bagi korporasi maupun militer, jawabannya jelas: "Kecerdasan itu mutlak diperlukan, sedangkan kesadaran hanyalah opsional." Singkatnya, selama sebuah mesin mampu menjalankan tugasnya dengan baik, apakah penting apakah mesin tersebut memiliki kesadaran atau tidak? Jika pemanggang roti saya bisa memanggang roti dengan sempurna, apakah ia perlu memiliki kesadaran? Jika AI mampu menghasilkan rancangan yang baik, apakah ia perlu memiliki kesadaran? Jawabannya, tentu saja, adalah "tidak".

9.11 KECERDASAN ASING DAN PERGESERAN PARADIGMA ANTROPOSENTRIS

Bagaimana sebaiknya kita menyebut AI setelah ia mencapai tingkat kecerdasan seperti ini, agar kita tidak melakukan antropomorfisme (memberikan sifat-sifat manusiawi) terhadapnya? Haruskah kita menggunakan istilah tersebut di dalam tanda kutip 'kecerdasan' seperti halnya kita mungkin perlu melakukan hal yang sama pada istilah-istilah lain yang tak kalah problematis, seperti 'belajar', 'memahami', dan 'berpikir', saat merujuk pada AI? Atau, haruskah kita mengadopsi terminologi yang sama sekali berbeda, agar jelas bahwa kita sedang berhadapan dengan sesuatu yang benar-benar 'asing' atau 'lain'?

Istilah 'kecerdasan asing' (*alien intelligence*) menawarkan strategi yang berguna untuk merujuk pada AI; bukan hanya karena istilah ini menghindari penggunaan kata 'buatan' (*artificial*) yang terkesan merendahkan, tetapi juga karena membantu mencegah kita melakukan antropomorfisme terhadap AI. Pihak lain pun telah menggunakan istilah ini. Sebagai contoh, Yuval Harari menggunakan 'kecerdasan asing' secara metaforis untuk menggambarkan 'invasi' dari bentuk AI yang sangat cerdas, yang mampu mengambil keputusan secara mandiri dan menciptakan gagasan-gagasan baru. Bagi Harari, keunggulan

'kecerdasan asing' ini akan sedemikian rupa sehingga menandai berakhirnya sejarah yang didominasi oleh manusia:

> Ini adalah akhir dari Sejarah akhir dari sejarah yang didominasi oleh manusia. Sejarah akan terus berlanjut dengan pihak lain yang memegang kendali. Dalam 5 tahun ke depan, akan ada teknologi yang mampu mengambil keputusan secara mandiri dan menciptakan gagasan-gagasan baru secara mandiri pula. Mungkin mereka akan bersikap baik. Mungkin mereka akan mampu mengatasi kanker dan perubahan iklim, tetapi kita tidak bisa memastikannya. Saya cenderung melihatnya lebih sebagai sebuah invasi alien armada pesawat luar angkasa alien yang datang dari Planet Zircon, atau entah dari mana yang membawa makhluk-makhluk dengan kecerdasan tinggi. Inilah yang sedang kita hadapi, hanya saja alien ini tidak datang dengan pesawat luar angkasa dari Planet Zircon. Mereka muncul dari laboratorium. Jika manusia terpecah belah dan terlibat dalam perlombaan senjata, maka mustahil untuk membendung 'kecerdasan asing' ini.

Namun, persoalan pentingnya bukanlah apakah kecerdasan buatan (AI) dapat menyamai kecerdasan tingkat manusia, melainkan apakah manusia bisa berharap untuk bersaing dengan 'kecerdasan asing' yang dimiliki oleh AI. Bahkan, bisa dikatakan bahwa gagasan untuk menilai AI dari sudut pandang manusia dan menganggapnya lebih rendah karena tidak memiliki kesadaran dan sebagainya adalah keliru. Sebaliknya, kita justru harus mengambil sikap yang berlawanan: menilai kecerdasan manusia dari sudut pandang AI. Jika demikian, akankah kita terpaksa mengakui bahwa kecerdasan manusia lebih rendah?

'Apakah Kita Bukan Lagi Entitas Paling Cerdas di Alam Semesta?'

Oleh karena itu, bukankah seharusnya kita menantang pendekatan antroposentris yang telah mendominasi wacana AI hingga saat ini, dan sebaliknya memperjuangkan 'Revolusi Kopernikus Kedua'? Jika Nicolaus Copernicus berpendapat bahwa Bumi bukanlah pusat Alam Semesta, melainkan Bumi berputar mengelilingi Matahari, bukankah seharusnya kita sekarang juga mengadopsi posisi serupa terhadap pusat kecerdasan di Alam Semesta? Apakah manusia bukan lagi entitas paling cerdas di Alam Semesta?



Gambar 9.5 Ila Colombo, Bio Arsitektur (2023), dihasilkan menggunakan LookX. LookX digunakan untuk menghasilkan desain bio-arsitektur dari desain perhiasan.

9.12 NORMALISASI AI DAN TRANSFORMASI KONSEP KECERDASAN

Bagaimana arsitektur yang dihasilkan oleh kecerdasan buatan (AI) akan dipandang di masa depan? Pada tahun 2002, Bill Gates memprediksi bahwa dekade pertama milenium ketiga akan dikenal sebagai 'Dekade Digital', di mana pada saat dekade tersebut berakhir, 'dampak dari ranah digital akan sangat luas, sehingga hampir tidak ada aspek kehidupan manusia yang tidak tersentuh olehnya'. Prediksinya terbukti sebagian besar akurat. Demikian pula, pada tahun 2010, sempat diprediksi bahwa menjelang tahun 2020, kita tidak akan lagi menggunakan istilah 'digital' dalam lingkup desain arsitektur. Hal ini bukan karena kita berhenti menggunakan perangkat desain digital, melainkan justru karena alasan sebaliknya hampir semua orang menggunakan perangkat digital. Karena alasan inilah, istilah tersebut dengan sendirinya menghilang. Sesuatu yang digital ada di mana-mana, namun sekaligus tidak terlihat di mana pun. Oleh karena itu, kita tidak lagi menyebutnya sebagai 'desain digital'. Prediksi ini pun terbukti sebagian besar akurat. Dalam banyak aspek, 'desain digital' kini telah menjadi sekadar 'desain'.

Hal serupa tercermin dalam cara kita menyebut gambar. Awalnya, ketika sebagian besar gambar dibuat dengan tangan, istilah yang digunakan adalah 'gambar', sementara gambar yang dibuat dengan perangkat lunak (CAD) disebut sebagai 'gambar digital'. Setelah sebagian besar gambar dibuat menggunakan CAD, istilah 'gambar' kemudian merujuk pada gambar CAD, sedangkan gambar yang dibuat dengan tangan disebut sebagai 'gambar tangan'. Dengan kata lain, kini setelah kita mencapai titik balik di mana lebih banyak gambar dihasilkan secara komputasional daripada digambar dengan tangan, gambar CAD pun cukup disebut sebagai 'gambar'.

Analogi serupa dapat diterapkan pada mobil. Pada masa-masa awal, ketika jumlah mobil di jalan masih relatif sedikit, kendaraan tersebut disebut sebagai 'kereta tanpa kuda', sementara kereta yang ditarik oleh kuda tetap disebut sebagai 'kereta'. Namun, begitu jumlah 'kereta tanpa kuda' melampaui jumlah 'kereta' (yang ditarik kuda), situasinya pun berubah; 'kereta tanpa kuda' kemudian dikenal sebagai 'mobil', sedangkan kereta yang ditarik kuda disebut sebagai 'kereta kuda'. Lebih jauh lagi, kita bisa memprediksi bahwa begitu jumlah mobil swakemudi melampaui jumlah mobil yang dikemudikan manusia, mobil swakemudi akan dikenal hanya sebagai 'mobil', sementara apa yang saat ini kita sebut sebagai 'mobil' akan dikenal sebagai 'mobil yang dikemudikan manusia'.

Lalu, bagaimana dengan AI? Apakah saat ini kita sedang berada di 'Dekade AI'? Dan apa yang bisa kita prediksi mengenai cara kita menyebut AI di penghujung dekade ini? Saat ini, kita membedakan antara AI dan kecerdasan manusia, serta menyebut kecerdasan manusia hanya sebagai 'kecerdasan'. Namun, seiring berjalannya waktu, saat AI menjadi semakin lazim dan lebih kuat daripada kecerdasan manusia, kita mungkin akan mencapai titik balik lainnya. Bisakah kita memprediksi bahwa AI nantinya hanya akan disebut sebagai 'kecerdasan', sementara apa yang saat ini kita sebut sebagai 'kecerdasan' akan dikenal sebagai 'kecerdasan manusia'? Dan mungkinkah kita bahkan mulai memandang 'kecerdasan manusia' dengan

sentuhan sentimentalitas, sama seperti cara kita memandang kereta kuda, surat yang ditulis tangan, atau gambar yang dibuat dengan tangan saat ini?

'Pencarian Akan AI Adalah Pencarian Akan Kecerdasan Itu Sendiri.'

Ironi dari istilah 'kecerdasan buatan' (*artificial intelligence*) adalah bahwa ketika John McCarthy pertama kali mencetuskan istilah tersebut pada tahun 1955, ia dan rekan-rekannya sebenarnya tidak terlalu menyukainya. Namun, seperti yang diungkapkan McCarthy, 'Saya harus menamainya dengan sesuatu, jadi saya menyebutnya "Kecerdasan Buatan". Padahal, tujuannya adalah untuk mencapai kecerdasan yang sejati bukan sekadar kecerdasan buatan. Hal ini masih berlaku bagi banyak peneliti AI kontemporer. Selain itu, seperti yang diamati oleh Walsh, 'Menambahkan kata sifat "buatan" di depan istilah apa pun tidak pernah terdengar bagus.' Stibel juga berpendapat bahwa kata 'buatan' menyesatkan, karena membuat orang mengasosiasikan AI dengan sesuatu yang palsu atau 'kurang dari' cerdas. Sebaliknya, menurut Stibel, yang dibutuhkan adalah otak buatan untuk menciptakan kecerdasan nyata, 'sama seperti jantung buatan yang digunakan untuk menciptakan detak jantung yang nyata'. Mungkin, istilah yang lebih tepat adalah 'kecerdasan sintetik'.

Menariknya, banyak tokoh sentral dalam bidang AI justru lebih tertarik untuk memahami cara kerja otak. Turing, seperti yang telah kita lihat, pernah mengakui bahwa ia lebih tertarik pada cara kerja otak daripada aplikasi praktis komputasi. Begitu pula Geoffrey Hinton, sosok terkemuka di dunia AI saat ini, yang awalnya mempelajari fisiologi karena satu alasan khusus: 'Saya ingin tahu bagaimana cara kerja otak.' Demis Hassabis, yang memiliki gelar PhD di bidang neurosains dan menjabat sebagai CEO DeepMind, tidak menggunakan istilah AI, melainkan 'sistem cerdas': 'Ambisi kami di DeepMind adalah membangun sistem cerdas yang mampu mempelajari cara menyelesaikan masalah kompleks apa pun... Dengan kata lain, kami ingin menggunakannya untuk memecahkan segala persoalan lainnya.' Pencarian akan AI adalah pencarian akan kecerdasan itu sendiri.

9.13 KECERDASAN ARSITEKTURAL DAN TRANSFORMASI PERANCANGAN BERBASIS AI

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dan sistem informasi berbasis data kini telah tersebar luas di seluruh ranah arsitektur, sehingga kita mungkin bisa menyebutnya secara kolektif sebagai bentuk 'kecerdasan arsitektural' sebuah pendekatan cerdas dalam perancangan arsitektur yang kian menjadi pendekatan dominan. Di masa depan, arsitektur akan bersifat cerdas. Makoto Sei Watanabe mungkin adalah orang pertama yang menggunakan istilah 'kecerdasan arsitektural' untuk merujuk pada jenis perancang arsitektur baru, yaitu '*AI Tect'*, yang mengeksplorasi potensi AI dalam arsitektur. Wanyu He juga menciptakan istilah serupa, '*AI-chitect'*, untuk merujuk pada jenis perancang yang hampir sama. Tentu saja, jangan lupa bahwa Molly Wright Steenson juga menggunakan istilah tersebut dalam pengertian yang lebih sempit, yakni untuk merujuk pada empat tokoh perintis di bidang arsitektur komputasional.

'Di Masa Depan, Arsitektur Akan Menjadi Cerdas.'

Dalam konteks ini, 'kecerdasan arsitektural' tidak terbatas pada penerapan kecerdasan buatan (AI). Istilah ini dapat merujuk pada pendekatan desain baru yang mencakup segala

bentuk kecerdasan dalam arsitektur, seperti 'kecerdasan struktural', 'kecerdasan lingkungan', 'kecerdasan konstruksional', 'kecerdasan programatik', dan sebagainya. Ini adalah pendekatan baru yang telah didefinisikan sebagai berikut: 'Sebuah gerakan baru sedang muncul. Gerakan ini beroperasi pada titik temu antara teknologi digital canggih dan lingkungan binaan... Kami menyebut gerakan baru ini sebagai "kecerdasan arsitektural".'

Kecerdasan arsitektural juga tidak terbatas pada ranah digital. Kita dapat menemukan contoh 'kecerdasan biologis' di seluruh alam. Alam sendiri menawarkan banyak sekali contoh yang dapat menginspirasi pendekatan biologis dalam desain. Hal ini mendasari karya arsitek seperti Achim Menges, Neri Oxman, dan Claudia Pasquero, yang memanfaatkan prinsip-prinsip biomimikri dan biomimetik. Begitu pula, kita dapat menemukan contoh 'kecerdasan material' di alam. Hal ini bahkan bisa digambarkan sebagai bentuk 'komputasi material'. Bentuk bukit pasir, misalnya, 'dihitung' melalui kekuatan angin dan gravitasi yang bekerja pada butiran-butiran pasir. Demikian pula, bentuk gelembung sabun 'dihitung' melalui kombinasi berbagai gaya, seperti tekanan internal dan eksternal, tegangan permukaan, dan sebagainya. Prinsip ini kemudian memengaruhi karya arsitek seperti Antoni Gaudí dan Frei Otto, yang memanfaatkan perilaku material serta prinsip-prinsip morfogenetik.

Bangunan, tentu saja, bersifat material, sementara komputasi bersifat imaterial. Namun, saat ini kita dapat menggunakan teknik komputasi cerdas seperti AI untuk mendukung perancangan cerdas pada bangunan material, sehingga desain kita menjadi semakin cerdas secara material. Dengan demikian, kecerdasan arsitektural tidak hanya mencakup penggunaan material secara cerdas atau penggunaan 'material cerdas' dalam konstruksi bangunan, tetapi juga mencakup penerapan teknik komputasi cerdas untuk merancang bentuk material bangunan tersebut. Bagaimana kita akan menyebut 'kecerdasan arsitektural' di masa depan, saat berbagai bentuk kecerdasan seperti kecerdasan struktural, kecerdasan lingkungan, kecerdasan material, kecerdasan programatik, dan sebagainya menjadi semakin lazim dalam lingkup arsitektur? Mungkinkah kita memprediksi bahwa, begitu setiap aspek desain menjadi cerdas, istilah 'kecerdasan' justru akan meniadakan dirinya sendiri? Akankah penyebutan 'kecerdasan' itu menghilang? Jika demikian, yang tersisa hanyalah 'arsitektur'.

9.14 DISRUPSI AI DAN MASA DEPAN PROFESI ARSITEKTUR

Kita telah menyaksikan adanya penolakan terhadap penerapan AI dalam arsitektur, sama seperti penolakan yang muncul saat komputasi diperkenalkan sebelum pergantian milenium. Di lingkungan akademis khususnya, bisa dibayangkan bahwa AI mungkin akan dilarang di beberapa studio arsitektur seperti halnya komputer yang pernah dilarang di sekolah-sekolah arsitektur tertentu, atau ChatGPT yang sempat dilarang (meski kemudian sering diizinkan kembali) di berbagai institusi pendidikan bahkan negara. Pertanyaan utamanya bukanlah apakah dunia akademis harus mengadopsi AI karena jelas mereka tidak punya banyak pilihan melainkan seberapa jauh mereka perlu beradaptasi dengan AI. Dunia akademis, bahkan lebih daripada profesi arsitek itu sendiri, akan mengalami disrupsi total akibat AI.

Apakah kita masih memerlukan begitu banyak profesor di masa depan? Apakah pendidikan arsitektur harus berlangsung selama itu, jika nantinya banyak tugas dapat

diselesaikan oleh AI? Secara keseluruhan, penolakan terhadap AI kemungkinan akan memudar seiring berjalannya waktu, seperti halnya penolakan awal terhadap komputasi. Meski demikian, ada pihak-pihak yang mungkin sengaja memilih untuk tidak menggunakan AI meskipun jelas AI menawarkan kemudahan yang lebih besar sama seperti sebagian orang saat ini yang memilih bersepeda alih-alih mengendarai mobil sebagai bagian dari gaya hidup. Jelas, AI mungkin tidak cocok untuk semua orang.

Namun, contoh mobil swakemudi (*self-driving car*) mungkin dapat memberikan gambaran mengenai implikasi menyeluruh dari penerapan AI dalam arsitektur. Seperti yang telah kita catat, Christensen membandingkan masuknya AI ke dalam firma arsitektur dengan pengembangan mobil swakemudi. Akan tetapi, terdapat masalah dalam analogi ini. AI tentu akan mempermudah kehidupan, sama seperti mobil swakemudi. Namun, pada mobil swakemudi, peran pengemudi pada akhirnya menjadi tidak lagi diperlukan. Jika kita menerapkan model yang sama dalam arsitektur, bukankah itu berarti peran arsitek pada akhirnya juga akan menjadi tidak diperlukan? Alih-alih berupaya menciptakan sesuatu yang setara dengan mobil swakemudi dalam arsitektur, mungkin sebaiknya kita mengikuti model yang diusulkan oleh Wolf Prix: arsitek duduk di kursi depan, sementara AI berada di kursi belakang?

Atau apakah sudah terlambat untuk mencegah perkembangan ini? Mungkinkah arsitek juga akan menghilang, sama seperti pengemudi manusia yang kelak akan menghilang? Dan mungkinkah kita tidak menyadarinya, atau bahkan tidak peduli? Mari kita akhiri dengan serangkaian prediksi mengenai dampak AI terhadap arsitektur di masa depan, berdasarkan komentar-komentar yang disampaikan dalam buku ini. Prediksi-prediksi ini mencakup hal-hal yang secara teknis mungkin untuk diwujudkan meskipun belum tentu diterapkan secara universal menjelang akhir dekade ini:

1. AI akan menjadi asisten yang tak tergantikan.
2. Perancangan akan didorong oleh data.
3. AI akan mengotomatiskan proses perancangan.
4. AI akan mengoptimalkan rancangan.
5. Bangunan akan menjadi cerdas.
6. Kota akan menjadi cerdas.
7. Klien akan mengharapkan arsitek mereka menggunakan AI.
8. Ekonomi akan menjadi pendorong utama perubahan.
9. Profesi arsitektur akan mengalami disrupsi.
10. AI akan mampu merancang bangunan secara sepenuhnya otonom.

Selamat datang di dunia arsitektur di era AI!

DAFTAR PUSTAKA

Agkathidis, A., Hudert, M., & Medel-Vera, C. (Eds.). (2026). *Architecture In The AI Era For Research, Practice, And Pedagogy*. Springer Nature.

Agri, M. E., Le, A., & Phung, Q. (2026). AI Integration In Architectural Design And Management: Professionals' Perspectives. *Architectural Engineering And Design Management*, *22*(1), 67-82.

Aguilar Zavaleta, J. P. (2026). Pre And Post-Digital Contrasts In Architectural Representation: From Analogue Drawing To Software Rendering And Generation Using Artificial Intelligence.

Akdağ, F. (2026). Design Is Dead! Long Live The Algorithm: The Manifesto Of The New Vernaculars. *Gazi University Journal Of Science Part B: Art Humanities Design And Planning*, *14*(1), 123-136.

Alamasi, R., & Asfour, O. S. (2026). Applications Of Generative AI In Architectural Design Education: A Systematic Review And Future Insights. *Digital*, *6*(1), 6.

Alamasi, R., Asfour, O. S., & Ashmeel, R. (2026). The Impact Of Generative AI On Architectural Design Education: Insights From Hands-On Experience With Architecture Students. *Ain Shams Engineering Journal*, *17*(1), 103879.

Alva, L. R., & Pandey, B. (2026). Agentic AI Systems In The Age Of Generative Models: Architectures, Cloud Scalability, And Real-World Applications. *Artificial Intelligence Review*, *59*(3), 88.

Alymani, A., Alsofiani, M., Mandou, S., Alubaidan, Z., & Al Tuwaijri, N. (2026). Artificial Intelligence And Machine Learning Implementation Patterns In Architecture: A Cross-Sectional Analysis Of Academic And Industry Sectors In Saudi Arabia. *Architecture*, *6*(2), 57.

Anwar, A., & Akeel, M. O. (2026). Integrating Artificial Intelligence In Audit Workflow: Opportunities, Architecture, And Challenges: A Systematic Review. *Accounting And Auditing*, *2*(1), 4.

Aycı, H., Kinaci, E. B., Avinç, G. M., & Taş, A. (2026). Artificial Intelligence In Architecture Education: Reflections Through Structural Equation Modeling. *Journal Of Asian Architecture And Building Engineering*, 1-19.

Bryan, K. A. (2026). The Economic Impacts Of Artificial Intelligence: A Multidisciplinary, Multi-Book Review. *Journal Of Economic Literature*, *64*(1), 281-300.

Chen, L., Chen, Z., & Dong, F. (2026). Adopting Artificial Intelligence In Architectural Conceptual Design: A Systematic Bibliometric Analysis. *Architecture*, *6*(2), 60.

Doragacharla, V. R. (2026). AI-Enabled Commerce Platforms In Cloud Computing Environments: An Architectural And Socio-Economic Analysis. *Journal Of Computational Analysis & Applications*, *35*(1).

El Samaty, H. S., & Albadi, N. (2026). From Policy Frameworks To AI Mentoring Practice: A Structured Approach To Responsible Innovation In Architectural Education. *Alexandria Engineering Journal*, *137*, 206-217.

Fışgın, S. (2026). Architecture Students And AI: Exploring Applications And Perceptions In The Class. *CONTEXTO*.

Fu, R. J. (2026). Architects Of The Intelligent Age: Openai, Google Deepmind, Anthropic, Nvidia, And Microsoft And Their Role In Shaping The Future Of Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence, Machine Learning, & Robotics In Business*, *2*(2), 32-52.

George, A. S. (2026). Architectural Convergence In Security Operations: A Technical Framework For Ai-Augmented Threat Detection, Automated Response, And Organizational Cyber Resilience. *Partners Universal Innovative Research Publication*, *4*(2), 67-91.

Gökdemir, G., & Kayan, H. Z. (2026). Artificial Intelligence As A Linguistic Interface In Interior Design Education: Reconceiving Design Tools As Communication Media. *International Journal Of Architectural Computing*, *24*(3), 867-890.

Hikmet, Ş., & Ozay, N. (2026). Human–AI Collaboration In Architectural Design Education: Towards A Conceptual Framework. *Buildings*, *16*(6), 1097.

Jiang, H., Xiao, Y., Hurley, R., & Liu, S. (2026). The Impact Of Generative AI On Architectural Conceptual Design: Performance, Creative Self-Efficacy And Cognitive Load. *Arxiv Preprint Arxiv:2601.10696*.

Kandeel, M. (2026). AI Technology And Swarm Robotics: Towards Building Smart, Adaptive, And Responsive Interior And Architectural Spaces To Meet Evolving Requirements. *Journal Of Design Sciences And Applied Arts*, *7*(1), 86-103.

Kypriotis, V., Blasberg, A., Moiras, A., & Skarlatos, D. (2026). Agentic Architect: An Agentic Ai Framework For Architecture Design Exploration And Optimization. *Arxiv Preprint Arxiv:2604.25083*.

Lakousha, M. M., Zaki, S. H., & Haggag, A. G. (2026). AI Integration In Architectural Education: Proritizing Educational Capabilities For AI Prompt Engineering, A Friedman–AHP Framework Based On UNESCO-UIA Standards. *Architectural Engineering And Design Management*, 1-23.

Lanka, S. (2026). AI-Driven Architectural Patterns For Scalable Real-Time Triage And Crisis Prediction In Public Health Systems. *International Journal Of Engineering & Extended Technologies Research (IJEETR)*, *8*(2), 4752-4756.

Lee, S., & Kang, S. (2026). The Influence Of Generative AI With Prompt Engineering On Creative Design In Architectural Education. *Journal Of Asian Architecture And Building Engineering*, *25*(5), 4670-4685.

Liu, X. (2026). Health Sensitive Decision-Making For Integrating Artificial Intelligence And Landscape Architecture In Urban Cities. *Journal Of Environmental Engineering And Landscape Management*, *34*(1), 57-70.

Lu, W., Gao, Y., Jin, F., Peng, Z., Zhang, Y., & Zhu, J. (2026). Design For Excellence In The Era Of Generative Artificial Intelligence: A Critical Review Of Research. *Journal Of Architectural Engineering*, *32*(1), 03126001.

Marcel-Okafor, U., Agoha, B., Ezeji, K., & Okolo, N. (2026). Examining The Role Of Artificial Intelligence In Climate Resilience: Applications For Architectural Technologists In Southeast Nigeria. *Coou African Journal Of Environmental Research*, *7*(1), 231-241.

Mgbeke, D. S., Okolo, N. U., & Ezeji, K. E. (2026, July). Artificial Intelligence As A Collaborative Partner In Architecture: A Paradigm Shift In Design, Sustainability, And Workflow Integration. In *FESCON Conference Proceedings* (Vol. 6, No. 1, Pp. 65-76).

Mirani, A. (2026). Architecture Patterns For Large-Scale Financial Reconciliation And Transaction Intelligence Systems. *International Journal Of Artificial Intelligence And Machine Learning*, *6*(8s), 97-111.

Mishra, M., & Doria, E. (2026). Virtual Reality And Artificial Intelligence-Assisted Visual Inspections For Cultural Heritage Structures: A Review. *International Journal Of Architectural Heritage*, 1-25.

Nashaat, B., & Elzeni, M. M. (2026). Reviewing AI In Architectural Computational Design: Applications, Opportunities, And The AI-ACD Workflow For Improved Design Integration. *International Journal Of Architectural Computing*, *24*(3), 675-720.

Osman, A. B. (2026). Generative And Agentic Artificial Intelligence For Medical Coding And Billing: A Human-In-The-Loop Architecture And Evaluation.

Paraschiv, E. A., Vevera, A. V., Cîrnu, C. E., Băjenaru, L., Dinu, A., & Prada, G. I. (2026). Towards Trustworthy AI Agents In Geriatric Medicine: A Secure And Assistive Architectural Blueprint. *Future Internet*, *18*(2), 75.

Park, S. Y. (2026). Architectural Design In The Age Of Generative AI: Toward A Balance Between Efficiency And Responsibility. *Architectural Research*, *28*(1), 4.

Patnaik, P., & Garg, P. (2026). *Principles Of Artificial Intelligence: Cognitive Architectures, Large Language Models, And Computational Limits*. Deep Science Publishing.

Paz, H. R. (2026). Toward A New Curricular Architecture For Civil Engineering In The Age Of Artificial Intelligence.

Ross, R. (2026). A Multidimensional Protection Strategy For Engineering Mission-Resilient Systems In The Age Of Frontier AI. *RONROSSECURE, LLC/Linkedin*.

Schuler, N., Scotti, V., & Mirandola, R. (2026). Beyond Monolithic Models: Symbolic Seams For Composable Neuro-Symbolic Architectures. *Arxiv Preprint Arxiv:2603.15087*.

Stanimirovic, M., Momcilovic Petronijevic, A., Stoiljkovic, B., Kondic, S., & Nikolic, B. (2026). AI Sparring In Conceptual Architectural Design: A Systematic Review Of Generative AI As A Pedagogical Partner (2015–2025). *Buildings (2075-5309)*, *16*(3), 488.

Szuta, A. F. (2026). Artificial Intelligence In Architecture And Electrical Engineering: Student Practices, Time Redistribution And Interdisciplinary Potential. *Architectural Engineering And Design Management*, 1-25.

Toumi, A., Wamba, S. F., & Hafsi, M. (2026). Architecting Knowledge Through AI-Enhanced Observability: A Design Science Approach To Enterprise Architecture As A Knowledge Discipline. *International Journal Of Information Management*, *89*, 103070.

Uhrík, M., Cervantes, J. C. L., Morales, C. E. S., Hajtmanek, R., Demčák, J., & Kupko, A. (2026). Prompt Choreographies: Dialogues Between Humans And Generative AI In Architecture. *Architecture*, *6*(1), 46.

Vitobello, E. (2026). Designing Global Artificial Intelligence Platforms Under Conditions Of Regulatory Fragmentation And Geopolitical Divergence: A Strategic Analysis Of Hybrid Architectural Models For Multinational Enterprises.

Wei, C., Liu, J., Jia, J., Kong, D., Yuan, M., & Yan, S. (2026). A Critical Artificial Intelligence-Generated Content Approach For The Reconstruction Of Qing Palace Interiors: The Case Of Juanqinzhai. *Npj Heritage Science*, *14*(1), 124.

Yildiz, M. A., & Avinç, G. M. (2026). Human–AI Co-Creation In Art, Design And Architecture Education: A Nature-Inspired Minimalist Design Approach. *Budownictwo I Architektura/Civil And Architectural Engineering*, *25*(2), 26027-26027.



ARSITEKTUR ERA AI

(Artificial Intelligence)

Santi Widiastuti, S.T, M.T

Biografi Penulis



Santi Widiastuti, S.T, M.T. Dosen Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM) Semarang, lulus S1 Teknik Arsitektur Universitas Soegiyopranoto Semarang Tahun 2000, S2 Teknik Arsitektur Universitas Diponegoro, Tahun2004. Saat ini sedang menyelesaikan Disertasi S3 Arsitektur di Universitas Soegiyopranoto Semarang.Santi Widyastuti, ST, MT mengampu Mata Kuliah Desain Grafis Interior, Gambar Teknik, Desain Komunikasi visual I dan Desain Grafis Arsitektur. Selain menjadi dosen, beliau terlibat berbagai organisasi termasuk Ikatan Arsitektur Indonesia (IAI) di kota Semarang.

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