



YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK



**Penerapan**

# **Internet of Things (IoT)**

**untuk Meningkatkan Produktivitas Perusahaan**



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

# **Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Produktivitas Perusahaan**

## **Penulis :**

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

**ISBN : 978-623-8642-47-2**

## **Editor :**

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

## **Penyunting :**

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

## **Desain Sampul dan Tata Letak :**

Irdha Yuniato, S.Ds., M.Kom

## **Penebit :**

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

**Anggota IKAPI No:** 279 / ALB / JTE / 2023

## **Redaksi :**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [penerbit\\_ypat@stekom.ac.id](mailto:penerbit_ypat@stekom.ac.id)

## **Distributor Tunggal :**

### **Universitas STEKOM**

Jl. Majapahit no 605 Semarang

Telp. 08122925000

Fax. 024-6710144

Email : [info@stekom.ac.id](mailto:info@stekom.ac.id)

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya buku yang berjudul "**Penerapan Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan Produktivitas Perusahaan**". Buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam tentang penerapan teknologi IoT dalam berbagai sektor industri guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan di era digital saat ini.

Buku ini merupakan upaya untuk mendukung perkembangan pengetahuan mengenai *Internet of Things* sebagai salah satu komponen utama Revolusi Industri 4.0. Buku ini mencakup teori, studi kasus, serta aplikasi praktis IoT di sektor kesehatan, logistik, industri, dan pengelolaan rantai pasokan. Selain itu, penulis membahas dampak positif IoT terhadap produktivitas, penghematan biaya, dan efisiensi operasional, serta tantangan yang dihadapi dalam penerapannya.

Buku ini terbagi menjadi 11 bab. Pada bab pertama, buku ini menjelaskan konsep dasar Industri 4.0 dan bagaimana IoT berfungsi sebagai pendorong utama dalam transformasi industri. Pembaca akan diperkenalkan pada berbagai teknologi yang membentuk ekosistem IoT dan dampaknya terhadap cara perusahaan beroperasi.

Bab kedua membahas hubungan antara produktivitas dan transformasi digital, menyoroti bagaimana perusahaan dapat memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kinerja operasional mereka. Analisis ini penting untuk memahami tantangan dan peluang yang muncul seiring dengan adopsi teknologi baru.

Di bab ketiga, buku ini mengeksplorasi aplikasi IoT dalam sektor kesehatan, termasuk bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan layanan kesehatan melalui pemantauan pasien secara real-time dan pengelolaan data kesehatan yang lebih baik.

Bab keempat mengkaji penerapan IoT dalam manajemen logistik bencana, menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat membantu dalam respons cepat dan efisien terhadap situasi darurat.

Dalam bab kelima, fokus beralih ke Industrial Internet of Things (IIoT) dan kontribusinya terhadap produktivitas perusahaan. Penjelasan mengenai implementasi IIoT memberikan wawasan tentang bagaimana perusahaan dapat memanfaatkan data untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Bab keenam membahas integrasi IIoT dalam rantai pasokan, menyoroti pentingnya konektivitas antar perangkat untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi.

Pada bab ketujuh, buku ini menjelaskan bagaimana IoT seluler dapat merevolusi rantai pasokan dengan menyediakan data real-time yang mendukung pengambilan keputusan strategis. Bab kedelapan menghubungkan konsep big data dengan aplikasi perusahaan, menunjukkan bagaimana analisis data besar dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja bisnis.

Di bab kesembilan, penulis membahas pentingnya perlindungan data pribadi di era big data serta dampaknya terhadap persaingan usaha. Bab kesepuluh memberikan panduan tentang cara memilih portofolio proyek teknologi yang tepat untuk mendukung transformasi digital. Akhirnya, bab sebelas membahas arsitektur konservasi energi dalam konteks IoT, menyoroti pentingnya efisiensi energi sebagai bagian dari strategi keberlanjutan perusahaan.

Dengan struktur yang sistematis dan konten yang mendalam, buku ini tidak hanya menjadi sumber informasi bagi para profesional di bidang industri, tetapi juga bagi akademisi

dan mahasiswa yang ingin memahami lebih jauh tentang penerapan IoT untuk meningkatkan produktivitas perusahaan.

Penulis berharap supaya buku ini tidak hanya menjadi acuan akademis tetapi juga menjadi inspirasi bagi praktisi dalam menghadapi tantangan era digital dan transformasi industri. Semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan tentang penerapan IoT di berbagai sektor industri.

Semarang, Oktober 2024  
Penulis

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

# DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>ii</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>iv</b>
<b>BAB 1 INDUSTRI 4.0 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)</b> .....	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Teknologi Industri 4.0 .....	4
1.3 Masa Depan Dan Masyarakat 5.0 .....	14
1.4 Ringkasan .....	15
<b>BAB 2 PRODUKTIVITAS DALAM TRANSFORMASI DIGITAL</b> .....	<b>17</b>
2.1 Pendahuluan .....	17
2.2 Produktivitas Dalam Bisnis .....	20
2.3 Sejarah Industri 4.0 Dan Digitalisasi .....	25
2.4 Manfaat transformasi dan produktivitas digital .....	27
<b>BAB 3 INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM SISTEM LAYANAN KESEHATAN</b> .....	<b>50</b>
3.1 Pendahuluan .....	50
3.2 Karakteristik Internet Of Things .....	52
3.3 Kesehatan 4.0 .....	54
3.4 Iot Untuk Perawatan Kesehatan .....	55
3.5 Ringkasan .....	70
<b>BAB 4 INTERNET OF THINGS DALAM LOGISTIK BENCANA</b> .....	<b>71</b>
4.1 Pendahuluan .....	71
4.2 Manajemen Logistik .....	72
4.3 Manajemen Logistik Dalam Bencana .....	73
4.4 Internet Of Things (Iot) .....	76
4.5 Ringkasan .....	81
<b>BAB 5 IIOT DALAM MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN</b> .....	<b>83</b>
5.1 Pendahuluan .....	83
5.2 Sejarah Revolusi Industri .....	84
5.3 Komponen IIOT .....	88
5.4 Studi Kasus .....	90
5.5 Analisis Strategi .....	93
5.6 Ringkasan .....	96
<b>BAB 6 INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS DALAM RANTAI PASOKAN</b> .....	<b>98</b>
6.1 Pendahuluan .....	98
6.2 Perbedaan Antara Iot Dan IiOT .....	101
6.3 Arsitektur Internet Industri .....	102
6.4 Kontribusi Dan Keuntungan IiOT Dalam Manufaktur Dan Rantai Pasokan .....	104
6.5 Teknologi Bibliometri .....	108
<b>BAB 7 TRANSFORMASI DIGITAL RANTAI PASOKAN DENGAN IOT SELULER</b> .....	<b>114</b>
7.1 Pendahuluan .....	114

7.2	Jaringan Area Luas Daya Rendah (LP-WAN) .....	117
7.3	Solusi M-lot Terkini Untuk Rantai Pasokan .....	125
7.4	Potensi M-lot Dalam Rantai Pasokan 4.0 .....	128
<b>BAB 8</b>	<b>BIG DATA DAN APLIKASI PERUSAHAAN .....</b>	<b>135</b>
8.1	Pendahuluan .....	135
8.2	Ciri-Ciri Big Data .....	137
8.3	Definisi Dan Konsep Big Data .....	138
8.4	Solusi Big Data Di Dunia Nyata .....	144
8.5	Aplikasi Big Data Di Kehidupan Nyata .....	150
<b>BAB 9</b>	<b>BIG DATA UNTUK PERLINDUNGAN DATA PRIBADI DAN PERSAINGAN USAHA .....</b>	<b>157</b>
9.1	Pendahuluan .....	157
9.2	Pengertian Big Data .....	158
9.3	Analisis Dan Komponen Big Data .....	159
9.4	Peraturan Tentang Perlindungan Data Pribadi .....	161
9.5	Evaluasi Aplikasi Big Data Tentang Perlindungan Data Pribadi .....	164
9.6	Pemrosesan Data Pribadi Dan Alasan Kepatuhan Terhadap Hukum .....	165
9.7	Evaluasi Aplikasi Big Data Dalam Ruang Lingkup Hukum Persaingan .....	169
<b>BAB 10</b>	<b>PEMILIHAN PORTOFOLIO PROYEK TEKNOLOGI DALAM INDUSTRI 4.0.....</b>	<b>176</b>
10.1	Pendahuluan .....	176
10.2	Tinjauan Teknologi Industri 4.0 .....	178
10.3	Transformasi Digital .....	181
10.4	Permodelan Industri 4.0 .....	186
10.5	Analisis Dan Hasil .....	169
<b>BAB 11</b>	<b>LAPISAN ARSITEKTUR KONSERVASI ENERGI DALAM INTERNET OF THINGS ..</b>	<b>193</b>
11.1	Pendahuluan .....	193
11.2	Klasifikasi Teknik Konservasi .....	196
11.3	Perbandingan .....	214
<b>Daftar Pustaka</b>	.....	<b>222</b>

# **BAB 1**

## **INDUSTRI 4.0 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)**

Perbedaan periodik revolusi industri, yang merupakan salah satu dampak perkembangan teknologi di bidang industri, dan tahap terakhirnya disebutkan. Dengan revolusi industri terbaru yang disebut Industri 4.0, mesin bekerja selaras dengan teknologi di setiap tahap area industri. Periode ini, yang dikenal sebagai Industri 4.0 atau revolusi industri keempat, mengacu pada sistem di mana teknologi produksi terbaru, sistem otomasi, dan teknologi yang membentuk sistem ini saling bertukar data. Selain teknologi informasi dan sistem otomasi yang digunakan dalam Industri 3.0, produksi industri telah memperoleh dimensi yang sama sekali baru dengan penggunaan internet. Dengan jaringan internet, mesin, operator, dan robot sekarang bekerja secara harmonis. Pada titik ini, konsep internet objek menjadi penting. Oleh karena itu, fokus lain dari penelitian ini adalah konsep internet of things. Ada beberapa asumsi tentang penggunaan, manfaat, dan status masa depan internet of things.

### **1.1 PENDAHULUAN**

Industri 4.0 mengacu pada penggunaan perkembangan terbaru dalam teknologi masa kini di bidang industri. Sebelum membahas periode ini, yang juga disebut revolusi industri ke-4, ada baiknya untuk membahas proses revolusi industri hingga saat ini. Dalam revolusi industri pertama yang dimulai pada tahun 1700-an, produksi mesin uap dan penggunaan mesin tenun meningkat. Selama periode ini, bengkel-bengkel kecil berubah menjadi pabrik-pabrik besar yang menggunakan mesin. Transformasi ini merupakan pengembangan pertama mesin untuk menggantikan tenaga manusia. Pada tahun 1800-an, perkembangan teknologi lebih lanjut mengarah pada revolusi industri kedua. Penggunaan listrik dalam produksi telah menyebabkan terciptanya jalur produksi dan transisi ke produksi massal. Dalam revolusi industri kedua, pengembangan jaringan transportasi menjadi sangat penting. Pengembangan jaringan transportasi telah meningkatkan akses ke pasar-pasar terpencil dan memfasilitasi perolehan bahan baku baru. Pada periode ini, alih-alih tenaga uap, penggunaan listrik dalam proses produksi memudahkan transisi ke produksi massal.

Kemajuan signifikan dalam teknologi digital pada tahun 1900-an membuka jalan bagi revolusi industri ketiga. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam proses produksi telah menyebabkan tenaga manusia digantikan oleh mesin. Teknologi komputer dan teknologi komunikasi bersifat revolusioner tidak hanya dalam produksi tetapi juga dalam semua bidang kehidupan. Pembentukan sistem jaringan antarkomputer untuk intelijen militer pada tahun 1960-an dianggap sebagai contoh pertama Internet. Di Amerika Serikat, sistem jaringan antarkomputer yang disebut ARPANET dikembangkan. Perkembangan selanjutnya, alamat IP pertama telah diidentifikasi. Dengan diperkenalkannya sistem komputer dan penggunaan Internet, perkembangan teknologi menjadi hal yang tak terelakkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji revolusi industri terkini, industri 4.0, untuk mengkaji

dimensi yang dicapai oleh teknologi yang digunakan dalam industri 4.0, dan untuk mengungkap pentingnya konsep Internet of Things dalam Revolusi Industri ke-4. Menurut penelitian ini, produktivitas dan profitabilitas dapat ditingkatkan di bidang industri dengan internet of objects dan teknologi berkembang lainnya. Seperti dalam filosofi dasar masyarakat 5.0 yang disebutkan di bagian terakhir buku ini; tugas-tugas sederhana dapat dilakukan oleh robot sehingga individu dapat berkonsentrasi pada tugas-tugas yang lebih kompleks yang membutuhkan kecerdasan yang lebih tinggi.

Konsep Revolusi Industri ke-4 pertama kali digunakan pada tahun 2011 di Pameran Hannover di Jerman. Industri 4.0 secara umum terdiri dari tiga struktur: Internet of Things, Internet of Services, dan Sistem Cyber Physical. Konsep Industri 4.0 dapat didefinisikan sebagai pabrik pintar terstruktur modular, pemantauan dengan sistem cyber-physical, membuat salinan virtual dari dunia fisik, dan membuat keputusan yang terdesentralisasi.

Terlihat bahwa Jerman, yang memperkenalkan konsep Industri 4.0 ke dunia, memimpin penelitian yang dipublikasikan tentang subjek ini. Hingga tahun 2016, setengah dari 56 studi yang dievaluasi melibatkan setidaknya satu peneliti dari Jerman.

Jerman diikuti oleh Tiongkok dengan 11 studi. Ini diikuti oleh negara-negara maju seperti Inggris, Spanyol, dan Amerika. Konsep Industri 4.0 mulai mendapat tempat dalam literatur setelah tahun 2014 dan para peneliti serta jurnal akademik lebih mementingkan isu ini.

Selain perspektif akademis, kita perlu meneliti penggunaan teknologi industri 4.0 dalam industri manufaktur dan dalam kehidupan sehari-hari. Industri 4.0 diklaim bermanfaat dalam produktivitas, pertumbuhan omzet, lapangan kerja, dan investasi. Dengan meneliti dampaknya dalam skala global, teknologi produksi digital di sektor manufaktur; Sensor, sistem kontrol, teknologi frekuensi radio. Dengan menggunakan teknologi ini, banyak sektor seperti sektor otomotif dan tekstil meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi sambil menghemat waktu dan tenaga kerja.

Diperdebatkan bahwa Industri 4.0 akan menciptakan masalah ketenagakerjaan yang serius. Para optimis berpendapat bahwa elemen teknologi Industri 4.0 dapat menciptakan peluang baru bagi individu dan perusahaan. Krisis dan perang telah diatasi melalui pengembangan area bisnis baru dan peningkatan profitabilitas dalam produksi, dan meskipun Revolusi Industri Ketiga, selalu mungkin untuk menyeimbangkan gelombang pengangguran yang besar. Selama Revolusi Industri Ketiga, terutama di sektor otomotif, otomatisasi meningkat dan pengangguran tidak meningkat. Sebaliknya, pertumbuhan ekonomi yang datang dengan revolusi telah menyebabkan munculnya bidang bisnis baru dan inovatif, munculnya profesi baru (seperti pemeliharaan / perbaikan robot dan mesin dalam otomatisasi) dan peningkatan kesempatan kerja. Dalam Revolusi Industri Keempat, selama produktivitas meningkat sebagai hasil dari penggunaan kecerdasan buatan dan robotika, profitabilitas akan meningkat dan karyawan tidak akan diberhentikan. Dalam pandangan optimis lainnya, kecerdasan buatan dapat melengkapi, bukan menggantikan manusia. Misalnya, dengan penggunaan pesawat nirawak, beberapa profesi, termasuk pilot manusia, telah menghilang dan peluang bisnis baru telah muncul di bidang perawatan, perbaikan,

kendali jarak jauh, analisis data, dan keamanan siber. Angkatan udara AS membutuhkan tiga puluh orang per pesawat untuk lepas landas dari pesawat nirawak dan delapan puluh orang untuk menganalisis data pasca-penerbangan. Jika contoh ini berkembang biak di banyak pekerjaan dan sektor, pasar tenaga kerja tahun 2050 dapat dibentuk dengan fokus pada kerja sama kecerdasan buatan-manusia alih-alih persaingan kecerdasan buatan-manusia.

Menurut aspek pesimistis dari pembahasan tersebut, Industri 4.0 akan membawa beberapa kerugian dalam jangka pendek di pasar tenaga kerja. Beberapa juta orang mungkin menghadapi ancaman kehilangan pekerjaan, terutama di sektor-sektor yang membutuhkan keterampilan rendah dan menengah. Karena karyawan tidak memiliki pelatihan yang memadai, mereka mungkin tidak dapat memperoleh kesempatan kerja di sektor lain. Sebagai akibat dari peningkatan penggunaan mesin-mesin baru dan sistem informasi cerdas, orang-orang mungkin menjadi semakin tidak penting. Hal ini dapat menyebabkan konflik sosial, seperti ketakutan akan pengangguran dan kesenjangan yang semakin lebar antara si kaya dan si miskin. Dalam pandangan pesimistis lainnya, teknologi tidak hanya menjauhkan orang dari pekerjaan mereka, tetapi juga menyebabkan pekerja yang lebih murah dibiarkan bekerja.

Perkembangan industri yang sejalan dengan kebutuhan konsumen memastikan bahwa kehidupan sehari-hari dilengkapi dengan sistem yang lebih cerdas. Di Amerika Serikat, misalnya, kota pintar telah dikembangkan dengan penggunaan Internet of Things. Tempat sampah diproduksi untuk menyediakan layanan wi-fi. Selain itu, tempat sampah pintar menghasilkan listrik dari sampah.

Banyak penelitian telah dilakukan dalam literatur tentang Internet of Things (IoT) yang merupakan salah satu komponen Industri 4.0. Tidak mungkin menyebutkan masing-masing penelitian ini dalam hal konten. Membagi penelitian menurut subjeknya akan memberikan informasi yang cukup tentang literatur.

Ada banyak penelitian tentang kepercayaan. Salah satu penelitian ini adalah "Survei tentang manajemen kepercayaan untuk Internet of Things" yang dilakukan bersama oleh Zheng Yang, Peng Zhang, dan Athanasios V. Vasilakos pada tahun 2014. Penelitian lainnya adalah "Trustworthiness Management in the Social Internet of Things" karya Michele Nitti, Roberto Girau, dan Luigi Atzori. Dalam penelitian tersebut, manajemen kepercayaan disebutkan dan persepsi orang tentang ketidakpastian dan risiko, konsep kepercayaan dan manajemen kepercayaan diperiksa. Aplikasi IoT di sektor industri telah ditinjau. Beberapa proyek IoT industri telah dilakukan di berbagai bidang seperti pertanian, industri pengolahan makanan, pemantauan lingkungan, pengawasan keamanan. Sebagai teknologi yang sedang berkembang, Internet of Things (IoT), berfungsinya banyak sistem industri yang ada seperti sistem transportasi dan sistem produksi serta solusi yang menjanjikan untuk mengubah perannya. Penelitian terkini tentang IoT dari sudut pandang industri telah diteliti. Mereka memperkenalkan latar belakang IoT dan model SOA dan kemudian membahas teknologi dasar yang dapat digunakan dalam IoT. Mereka menganalisis tantangan penelitian dan tren masa depan dalam IoT.

Dalam penelitian keamanan, mereka meneliti serangan Sybil dan skema pertahanan di IoT. Dalam penelitian tersebut, mereka menyajikan beberapa program pertahanan Sybil

termasuk Deteksi Sybil Berbasis Grafik Sosial (SGSD), Deteksi Sybil Berbasis Klasifikasi Perilaku (BCSD) dan perbandingan komprehensif dengan deteksi Sybil seluler. Terakhir, topik penelitian yang menantang dan tren masa depan untuk pertahanan Sybil di IoT dibahas.

Konsep IoT Hijau telah muncul untuk mengurangi dampaknya terhadap pelepasan karbon dioksida (Co<sub>2</sub>). Dalam penelitian yang dilakukan, ia mengusulkan model algoritma konsumsi energi minimal untuk sistem yang diusulkan guna mewujudkan IoT Hijau. Termasuk hasil numerik untuk konsumsi energi minimum dan masa pakai jaringan sistem.

Adaptasi industri terhadap teknologi yang sedang berkembang telah membawa banyak perubahan. Organisasi industri yang perlu memperbarui diri untuk menciptakan sistem produksi baru akan mempertahankan posisi terdepan mereka dalam ekonomi dan masyarakat dengan inovasi ini. Dalam literatur, sistem produksi modern dianggap terdiri dari kognisi siber-fisik dan manusia, dan dikatakan bahwa Internet of Things mengintegrasikan komponen-komponen ini. Selain itu, penelitian tentang E-Health, Home Automation, Smart Environment, Smart Water, Smart Agriculture, Smart Livestock, Smart Energy, Smart Cities, Smart Measurement, Industrial Control, Security and Emergency Situations, Shopping, Logistics telah dilakukan.

Sementara diskusi tentang revolusi industri ke-4 masih berlangsung, revolusi industri ke-5 sudah mulai dibahas. Era baru ini, yang disebut Society 5.0, mengevaluasi efek sosial digitalisasi dari aspek ekonomi, etika, dan pendidikan serta mendefinisikan desain yang paling efisien dalam interaksi manusia-teknologi dengan model “masyarakat super pintar”. Filosofi ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan kekuatan teknologi dengan sistem cerdas, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas hidup dan pendidikan masyarakat. Karena Masyarakat 5.0 merupakan konsep baru, hanya ada sedikit penelitian tentang subjek ini dalam literatur. Pertama kali diperkenalkan oleh Perdana Menteri Jepang Shinzo Abe. Kemudian, dengan buku pengantar yang disiapkan oleh Keidanren, Federasi Organisasi Ekonomi Jepang, reformasi ekonomi dan sosiologi yang diharapkan berkembang berdasarkan filosofi Masyarakat 5.0 dijelaskan kepada masyarakat luas. Diklaim bahwa akan mungkin untuk mengatasi efek negatif Industri 4.0 pada ketenagakerjaan khususnya dengan model Masyarakat 5.0. Ditekankan bahwa pendidikan individu dengan keterampilan tingkat tinggi dapat dicapai melalui pendidikan, aspek kreativitas masyarakat harus diungkapkan dan perlunya meningkatkan tingkat kesejahteraan sosial. Ada juga beberapa artikel yang diterbitkan. Penelitian diperlukan untuk meningkatkan subjek tersebut.

## **1.2 TEKNOLOGI INDUSTRI 4.0**

Bagian ini pertama-tama memperkenalkan teknologi yang digunakan dalam Industri 4.0. Teknologi-teknologi tersebut adalah; Sistem Fisik Siber, Internet Layanan, Teknologi Awan, Data Besar, Pabrik Cerdas, Robot Pembelajaran - Kecerdasan Buatan, Realitas Virtual, Printer 3D - Simulasi, dan Komponen Keamanan Siber. Setelah itu, dibahas konsep internet objek, area penggunaannya, manfaat aplikasi, dan kemungkinan aspek negatifnya.

Periode ini, yang dikenal sebagai Industri 4.0 atau revolusi industri keempat, mengacu pada sistem tempat teknologi produksi terbaru, sistem otomasi, dan teknologi yang

membentuk sistem ini saling bertukar data. Selain teknologi informasi dan sistem otomasi yang digunakan dalam Industri 3.0, produksi industri telah memperoleh dimensi yang sama sekali baru dengan penggunaan Internet. Dengan jaringan internet, mesin, operator, dan robot kini bekerja secara harmonis. Industri 4.0 terdiri dari tiga komponen utama, yaitu Sistem siber fisik, Internet of Things dan Internet of Services, Teknologi Cloud, Big Data, Pabrik Cerdas, Robot Pembelajaran dan Kecerdasan Buatan, Realitas Virtual, Printer 3D dan Simulasi, serta Komponen Keamanan Siber.

### ***Sistem Siber-Fisik (CPS)***

Sistem siber-fisik adalah kerangka kerja yang menghubungkan dunia nyata dengan dunia virtual dan memungkinkan interaksi objek pintar dengan menghubungkan ke jaringan virtual. Dengan kata lain, sistem siber fisik menyediakan komunikasi manusia dan mesin melalui akses data berbasis internet dan sistem pemrosesan data. Dalam melakukannya, sistem ini menggunakan sistem jaringan virtual tempat objek yang disebut internet of object berkomunikasi satu sama lain dengan alamat yang ditetapkan dan lingkungan yang terdiri dari simulasi objek dalam lingkungan virtual.

Sistem siber fisik yang terdiri dari sistem tertanam, sensor, dan program perangkat lunak sebagian besar digunakan dalam proses produksi. Koordinasi, kontrol, pengukuran efisiensi, minimisasi kesalahan, penghematan waktu, dan masalah-masalah lain pada sistem-sistem semacam ini memiliki tugas-tugas penting. Sistem-sistem ini dapat bekerja tanpa memerlukan manusia.

### ***Layanan Segala Sesuatu***

Bisnis menyediakan akses ke layanan menggunakan layanan internet, penyedia data internet, dan perangkat lunak berbasis web. Konsep Internet of Services mengacu pada penggunaan teknologi baru dalam pemberian layanan, mengacu pada pengembangan dan modifikasi layanan yang ditawarkan kepada pelanggan sesuai dengan kondisi teknologi saat ini. Sistem ini, yang memicu model bisnis baru, rencana logistik, dan desain kreatif dalam pemberian layanan, telah mempermudah pembedaan antar pesaing. Internet of Services didefinisikan sebagai infrastruktur yang menggunakan Internet untuk menyediakan dan menjual layanan universal seperti kesehatan, komunikasi, dan perbankan bagi konsumen. Pada saat yang sama, ia menyediakan bidang penelitian bagi konsumen tentang subjek penelitian, pengembangan, perancangan, produksi, pemasaran, penjualan, dan distribusi.

### ***Teknologi Cloud***

Sistem ini memungkinkan penyimpanan data pada server virtual yang disebut cloud, dan setiap perangkat yang terhubung ke cloud dapat mengakses informasi, data, dan program dengan mudah. Data besar yang disimpan dengan teknologi cloud tanpa memerlukan memori dan hard disk untuk penyimpanan data memberikan kemudahan pemantauan dan pengendalian proses serta pembuatan data baru. Teknologi cloud adalah struktur berbasis internet tempat sumber daya, perangkat lunak, dan data dapat diakses dan dibagikan oleh komputer dan perangkat berbasis komputer lainnya sesuai dengan keinginan pengguna. Teknologi cloud menyediakan layanan yang fleksibel dan bervariasi yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan dan permintaan pengguna daripada struktur yang solid dan standar.

Layanan-layanan ini dalam lingkup teknologi cloud umumnya terdiri dari tiga struktur. Infrastruktur sebagai Layanan (IaaS), Platform sebagai Layanan (PaaS), dan Perangkat Lunak sebagai Layanan (SaaS). Teknologi cloud memiliki keuntungan karena pengguna dapat menggunakan aplikasi apa pun tanpa harus berurusan dengan pembelian dan pemasangan perangkat keras dan perangkat lunak apa pun, dan banyak orang dapat mengakses dokumen yang sama secara bersamaan.

### **Big Data**

Dalam kondisi saat ini di mana persaingan sangat ketat, bisnis berpikir bahwa informasi terkecil sekalipun sangat penting untuk membedakan diri dari pesaing mereka. Oleh karena itu, teknologi ini bertujuan untuk mengakses informasi konsumen dan data yang diproses selama proses produksi. Direncanakan bahwa data yang diperoleh dari berbagai sumber seperti berbagi media, blog, foto, video, file log konsumen akan dievaluasi secara komprehensif dan semua data yang dikumpulkan dari berbagai sumber akan distandarisi.

Dengan big data, bisnis akan memperkuat pengetahuan mereka dan manajer akan dapat memahami cacat, kesalahan, dan kelalaian secara real-time selama produksi. Oleh karena itu, mengoptimalkan proses dengan big data akan membantu menentukan potensi penggunaan sumber daya secara efisien dan mempertahankan kualitas produk yang diharapkan pada tahap yang jauh lebih awal. Big data juga sangat penting bagi perusahaan karena akan memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan strategis sesuai dengan tujuan mereka, mengelola risiko mereka, dan membuat inovasi ketika ditafsirkan dengan metode analisis yang akurat.

### **Pabrik Pintar**

Fitur utama dari apa yang disebut pabrik pintar adalah orang dapat berkomunikasi secara harmonis satu sama lain dengan menggunakan sistem IoT, CPS, CBM, dan Big Data. Fitur lainnya adalah kemampuan untuk menyediakan keamanan siber saat menggunakan sistem ini dan menghentikan aliran jika terjadi masalah dalam proses dan memiliki mekanisme penyelesaian masalah otomatis.

Pabrik gelap, yang juga dikenal sebagai pabrik pintar, bertujuan untuk menghasilkan produksi yang lebih cepat, lebih sedikit cacat, dan tanpa awak. Contohnya adalah pabrik pembuatan komponen telepon di Tiongkok. Di pabrik yang bekerja dengan sistem pabrik pintar ini, jumlah pelanggan telah berkurang hingga 90%, sementara tingkat kesalahan telah berkurang dari 25% menjadi 5%.

### **Robot Pembelajaran dan Kecerdasan Buatan**

Robot pintar dapat dioperasikan oleh operator atau dengan program yang telah diinstal sebelumnya. Robot pintar, yang sebagian besar digunakan di area industri, menyediakan proses produksi yang sangat mudah. Seringkali menghemat waktu di luar tenaga manusia. Dengan berkembangnya teknologi kecerdasan buatan, robot mengubah kuantitas fisik yang dipersepsikan menjadi sinyal listrik dan mengirimkannya ke mekanisme pengambilan keputusan. Hasilnya, robot melakukan tugas yang diperlukan dan memenuhi tugas yang diberikan kepadanya. Selain itu, fakta bahwa robot berbeda dari manusia dalam hal kondisi kerja yang fleksibel mendorong penggunaan robot dalam produksi.

### ***Realitas Tertambah***

Realitas tertambah adalah pemindahan citra nyata ke lingkungan virtual melalui komputer, pengayaan lingkungan virtual dan citra nyata menciptakan pengalaman seolah-olah berada di dunia virtual yang telah dipersiapkan. Teknologi realitas tertambah digunakan dalam desain, hiburan, pendidikan, dan penelitian. Penggunaan teknologi baru dalam industri sebagian besar dapat digunakan dalam tahap desain dan pembuatan prototipe. Realitas virtual dapat digunakan sebagai teknologi bantuan dalam produksi dan juga dapat menjadi sektor langsung.

### ***Printer 3D***

Teknologi ini mengubah objek yang dirancang dengan bantuan program komputer menjadi objek nyata yang dapat ditangani. Dengan printer 3D ini, pemodelan, pencetakan 3D, dan pekerjaan perbaikan permukaan dapat dilakukan. Perangkat ini mengurangi biaya produksi secara signifikan dan menyediakan pembuatan prototipe dan pemodelan yang cepat. Produksi produk yang cepat dan penurunan biaya stok akan memungkinkan produksi dengan harga rendah dengan penurunan total biaya produk.

### ***Sistem Keamanan Siber***

Awalnya, tujuan internet untuk menyebarkan informasi dan memberi manfaat dari waktu ke waktu telah menyimpang dari tujuannya. Oleh karena itu, keamanan internet telah menimbulkan kekhawatiran. Penggunaan dan diversifikasi penggunaan internet yang meluas telah menjadi masalah keamanan yang penting. Keamanan siber, sistem ekonomi, perdagangan, dan sistem informasi telah bergantung pada internet. Akses tidak sah ke sistem telah menjadi masalah serius karena menyebabkan pencurian informasi.

Serangan siber dapat dilakukan dengan berbagai cara. Berikut ini adalah beberapa contoh serangan seperti; Worm, Trojan, Zombie, dan Botnet, phishing, serangan pemblokiran layanan spam (DoS, DDoS), key logger, spyware, penyadapan lalu lintas jaringan (sniffing dan monitoring).

Perusahaan mungkin harus bekerja sama dengan pakar keamanan siber karena berbagai alasan seperti dapat menggunakan teknologi informasi secara efisien, tidak mengganggu komunikasi perangkat pintar, dan mencegah akses tidak sah ke data mereka. Dalam hal ini, pemerintah dan lembaga swasta perlu melakukan investasi besar dan mengambil langkah-langkah keamanan di tingkat nasional dan internasional. Mempertimbangkan kerusakan dan hilangnya reputasi karena celah keamanan, negara dan lembaga dianggap tidak akan terhindar dari biaya investasi keamanan siber.

### ***Internet of Things (IOT)***

Sebagai salah satu teknologi Industri 4.0, konsep internet objek yang sedang berkembang menjadi dasar perkembangan teknologi di masa depan. Internet objek dapat didefinisikan sebagai cara objek yang ada mengakses Internet dengan cara tertentu dan berkomunikasi dengan perangkat lain. Objek yang memiliki jaringan digital dan Internet berkomunikasi dengan lingkungannya dalam konteks fisik dan sosial melalui identitas virtual. Artinya, objek berkomunikasi satu sama lain dengan menggunakan internet sebagai perantara dan mengelola sendiri benda-benda tersebut. Konsep yang pertama kali digunakan oleh Kevin

Ashton pada tahun 1999 ini didefinisikan sebagai sistem yang memungkinkan objek berkomunikasi satu sama lain menggunakan jaringan internet. Objek harus memiliki identitas virtual (alamat IP) dengan akses ke jaringan digital dan Internet. Dengan cara ini, objek-objek akan dapat menggunakan internet sebagai sarana komunikasi satu sama lain dan lingkungannya serta mengelola pekerjaan itu sendiri tanpa memerlukan faktor manusia. Menurut konsep internet objek, "objek" dapat terlibat secara aktif dalam proses sosial, berinteraksi satu sama lain dan lingkungan, memahami lingkungan tempat mereka berada, bertukar informasi satu sama lain, bereaksi secara otomatis terhadap peristiwa yang terjadi di sekitar mereka dan melakukan berbagai kemampuan dengan atau tanpa campur tangan manusia. Dalam laporannya tahun 2005, International Telecommunication Union (ITU) berpendapat bahwa, sebagai hasil dari perkembangan teknologi, objek-objek di dunia akan terhubung baik secara sensual maupun cerdas. Mengidentifikasi item (memberi label objek); jaringan sensor dan sensor nirkabel (menginderakan objek); sistem tertanam (memikirkan objek); nanoteknologi (mengurangi objek) dalam bentuk Internet objek telah dipentaskan. Tujuannya adalah untuk mematuhi teknologi yang ada dan menetapkan standar universal, bersikap etis dalam masalah keamanan dan privasi.

Internet of Things (IoT) terdiri dari tiga komponen utama:

1. *Objek itu sendiri*: Penambahan perangkat dan sensor yang dapat menangkap atau menghasilkan data ke objek seperti mesin kopi, lemari es, atau oven di rumah kita.
2. *Sistem yang mengikat objek*: Jaringan yang mengikat objek yang mampu menangkap atau menghasilkan data.
3. *Sistem komputer*: Sistem komputer yang berisi perangkat lunak dan perangkat keras yang memproses dan menggunakan data yang diterima atau dikirim oleh objek.

Banyak peneliti yang bekerja di bidang sains, akademisi, bisnis, dan lembaga pemerintah meneliti teknologi yang dikembangkan dengan konsep internet of object di bawah tiga judul. Yang pertama adalah teori ilmiah, yang kedua adalah desain teknik dan yang terakhir adalah pengalaman pengguna. Meningkatkan prototipe teori ilmiah yang dikembangkan untuk memfasilitasi kehidupan telah memungkinkan ide untuk memperoleh dimensi fisik. Dalam konteks ini, desain rekayasa tersedia bagi konsumen, desain dan ide baru dikembangkan dengan umpan balik dari pengalaman konsumen.

Teknologi internet memungkinkan berbagi informasi dan komunikasi antar individu. Di sisi lain, internet objek memfasilitasi komunikasi objek satu sama lain dan objek dengan sensor. Near Field Communication (NFC) dalam teknologi nirkabel jarak pendek sekitar 13,56 MHz dan 4 cm memiliki fitur seperti pemrosesan, pertukaran konten digital, dan perangkat elektronik dengan satu sentuhan untuk memudahkan hidup konsumen. Internet of Things dan teknologi NFC memungkinkan komunikasi antar perangkat tanpa faktor manusia. Sistem RFID, yang dapat dianggap sebagai teknologi bantuan lainnya, memungkinkan data dibaca dengan microchip tanpa kontak dengan objek. Teknologi Cloud Computing bertujuan untuk menyimpan dan mengubah data yang dihasilkan oleh jutaan perangkat pintar menjadi informasi yang bermakna. Di masa depan, Cloud Computing digantikan oleh Sis Bilişim. Untuk

meningkatkan potensi IoT, disarankan untuk menggunakan Cloud Computing karena sering disebutkan dan merupakan teknologi IT yang lebih maju.

IOT digunakan dalam kehidupan industri dan sehari-hari. IoT digunakan dalam berbagai tahap mulai dari proses manufaktur hingga logistik di area industri. Pabrik pintar yang dibuat dengan penggunaan perangkat pintar menunjukkan peningkatan produktivitas dan keuntungan teknologi IoT dalam produksi. Selain itu, manajemen proses menjadi lebih cepat dan lebih banyak tindak lanjut berkat teknologi IoT dalam manajemen transportasi, distribusi, dan logistik. Fitur dasar IoT adalah operasi otonom, komunikasi cepat, sistem dan standar umum, produksi dan transfer data waktu nyata, dan operasi mesin secara otonom untuk membuat keputusan sendiri tentang penyesuaian kecepatan operasi dan penggunaan energi secara efisien. Mesin produksi cerdas dapat berkomunikasi langsung dengan mesin lain yang beroperasi di jalur produksi yang sama atau dengan sistem cloud melalui jaringan. Ketika pengaturan terkait produksi dilakukan di cloud, mesin produksi cerdas beradaptasi dengan perubahan ini secara waktu nyata. Hal ini memerlukan pengembangan protokol komunikasi baru berdasarkan infrastruktur serat untuk komunikasi internal. Telah diterbitkan spesifikasi untuk memastikan bahwa protokol yang ditulis untuk komunikasi mesin cerdas memenuhi standar tertentu. Dengan produksi fleksibel otomatis, kecepatan produksi disesuaikan dengan permintaan yang masuk, sehingga menghindari penyimpanan stok yang tidak perlu dan mengurangi biaya. Kota pintar adalah contoh paling jelas dari penggunaan teknologi IoT dalam kehidupan sehari-hari.

Infrastruktur, bangunan, keamanan, kesehatan, manajemen energi, transportasi, pendidikan, dan area manajemen lainnya dibangun dan dijalankan dengan sistem cerdas. Aplikasi kota pintar dibahas lebih rinci dalam aplikasi IoT.

Permasalahan yang dihadapi dalam aplikasi IoT adalah ekstraksi dan konversi data menjadi informasi, masalah kepatuhan dan standar, perlindungan kerahasiaan informasi, keamanan jaringan, keterbatasan medan frekuensi, dan konsumsi energi yang tinggi. Penerapan teknologi IoT pada masalah-masalah ini perlu ditingkatkan. Teknologi yang berkontribusi pada Internet of Things meliputi teknologi bantu seperti sensor, jaringan deteksi nirkabel, komunikasi medan dekat (NFC), identifikasi frekuensi radio (RFID), dan sistem cloud. Pengembangan teknologi ini untuk aplikasi IoT merupakan tantangan lain. Untuk lebih memahami Internet of Things, perlu untuk memeriksa aplikasi dan area di mana mereka digunakan sebagai contoh. Oleh karena itu, aplikasi IoT akan dijelaskan pada bagian studi berikutnya.

### ***Aplikasi Internet of Things***

Saat ini, aplikasi Internet of Things, rumah pintar dan kota pintar, studi ilmiah, TI, konstruksi, energi, pertanian dan peternakan, transportasi, produksi industri, perdagangan, layanan publik, dan aplikasi keamanan digunakan di berbagai bidang. Data ini disimpan dalam sistem komputasi awan dengan menciptakan big data. Data tersebut dianalisis dengan metode Pembelajaran Mesin dan berkontribusi pada berbagai peningkatan.

Dalam aplikasi rumah pintar; sumber cahaya dan pencahayaan, sistem kontrol dan sakelar, sistem pemanas, pendingin, ventilasi, sistem tirai penutup, kontrol air alarm

antipencurian, kebocoran gas, pemantauan kamera, sistem musik dan bioskop, pengumpulan data konsumsi dan pembacaan meteran, peringatan gempa bumi, kontrol kolam renang, pemadaman kebakaran, kontrol pemeliharaan taman, sistem komunikasi telepon seluler digunakan. Pengendalian kualitas air, stabilitas jembatan, pemadaman kebakaran, pengendalian polusi udara, pengendalian tempat pembuangan sampah dan limbah, pengendalian parkir kendaraan, radiasi, lalu lintas, pengendalian kebisingan, pengendalian kepadatan manusia dilakukan.

Dalam pertanian modern, terdapat aplikasi yang menggunakan platform Internet of Things. Aplikasi ini meliputi pertanian tanpa tanah, perlindungan kesehatan tanaman, studi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas panen, pengukuran dan pemantauan kondisi pendingin udara secara terus-menerus, peramalan dan tindakan pencegahan kondisi iklim, penggunaan sumber daya alam yang efisien. Di sektor peternakan, studi teknologi dilakukan untuk memahami kesehatan hewan, produktivitas tinggi dan produksi produk hewani berkualitas serta perilaku hewan.

Untuk meningkatkan layanan publik, khususnya di bidang e-kesehatan, aplikasi telah dikembangkan untuk memungkinkan pasien memperoleh manfaat dari layanan kesehatan tanpa harus pergi ke rumah sakit. Sekali lagi, di bidang pendidikan, ada kursus yang diselenggarakan di lingkungan virtual melalui penggunaan perangkat pintar dan akses internet. Aplikasi internet untuk objek seperti papan pintar, kamera dan video, tablet dan e-book, kartu identitas elektronik, AC pintar, printer 3D, sistem keamanan digunakan dalam pendidikan saat ini. Program lain dikembangkan untuk administrasi sekolah, siswa, dan orang tua. Di sektor energi, penghematan energi dicapai melalui langkah-langkah efisiensi energi yang dikembangkan khususnya dengan memanfaatkan aplikasi rumah pintar, gedung pintar, dan kota pintar. Hal ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesadaran tentang penggunaan sumber energi yang dapat dikonversi dengan sistem pengukuran yang cerdas. Hal ini bertujuan untuk memperkirakan tren konsumsi, menghitung jumlah konsumsi, dan menghasilkan solusi penghematan melalui perangkat pintar.

Dengan penggunaan internet objek di bidang industri, periode produksi pintar telah dimulai. Diperkirakan bahwa robot pintar yang dirancang dengan teknologi kecerdasan buatan akan membantu orang-orang di area ini yang disebut pabrik pintar dan bahkan pabrik gelap dapat didirikan tanpa memerlukan manusia. Dengan perangkat lunak yang terpasang pada jalur produksi dan mesin di pabrik gelap, produksi diperlukan tanpa memerlukan operator. Dalam hal ini, kemungkinan membuat kesalahan karena sifat manusia akan diminimalkan dan produktivitas akan meningkat dengan produksi yang lebih cepat dan bebas kesalahan. Berkat pabrik pintar, proses manajemen dan produksi di pabrik akan terwujud secara otomatis dan akan mandiri dalam penyelesaian masalah yang terkait dengan proses tersebut. Berkat teknologi sistem cyber-fisik dan integrasi vertikal buatan, manajemen rantai pasokan, kapasitas energi, kapasitas sumber daya manusia, dan manajemen efisiensi dapat dikelola secara efektif.

Aplikasi internet untuk objek utama yang digunakan dalam logistik dan kendaraan: sistem pelacakan kendaraan, getaran, benturan, pemantauan pembukaan kontainer dan

penyimpanan dingin untuk tujuan asuransi, memastikan kualitas kondisi pengiriman, penentuan lokasi barang di area yang luas seperti gudang atau pelabuhan, penyimpanan barang yang mudah terbakar di dekat kontainer peledak, deteksi ketidaksesuaian, sistem pelacakan armada untuk pengendalian jalan bagi barang sensitif seperti obat-obatan medis, perhiasan, atau barang komersial berbahaya.

Beberapa contoh penggunaan Internet of Things dapat diberikan; peralatan rumah tangga terhubung WeMo dari Belkin dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi, stopkontak pintar yang dikembangkan oleh Philips, bohlam pintar Hue, termostat pintar Nest yang dapat dihubungkan ke Internet, dirancang untuk secara otomatis meningkatkan efisiensi energi dan menghemat uang. Berkat sistem August Smart Lock dan sistem SmartThings yang dikembangkan untuk keamanan, semua lampu, kunci, soket, termostat, kamera, dan speaker Anda dikelola dari satu unit pusat menggunakan ponsel pintar Anda. Sikat gigi pintar Kolibree yang berhubungan dengan kesehatan dirancang untuk membiasakan anak-anak dan orang dewasa menyikat gigi. Pengumpan pintar yang dikembangkan oleh Petnet akan menghubungi pemasok saat stok Anda habis. Pengumpan pintar dapat dikontrol dengan ponsel pintar Anda dan Anda dapat memantau apakah hewan peliharaan memakan makanannya.

Dengan perangkat yang disebut Healthpatch, pasien dapat diperiksa sebelum pergi ke rumah sakit dan tes yang diperlukan dapat diminta. Denyut jantung, laju pernapasan, suhu kulit, seperti nilai-nilai dapat diukur, Anda dapat memeriksa postur tubuh Anda, saat Anda jatuh dan mengirim berita ke profesional perawatan kesehatan. Berkat fitur komunikasi ini, dokter dapat melakukan intervensi sebelum masalah kesehatan mereka terjadi. Bahkan jika masalah telah terjadi, fitur ini membantu dokter menentukan pilihan perawatan yang tepat. Hal baiknya adalah pasien tidak perlu pergi ke kantor dokter untuk melakukan semua ini. Sistem lain yang dikembangkan mirip dengan Healthpatch dan bertujuan untuk membantu orang-orang dengan masalah kesehatan. Sistem pusat terhubung ke jam tangan pintar. Anggota keluarga diberi tahu saat mereka menghadapi masalah kesehatan. Selain itu, jika orang tersebut jatuh atau terjadi hal lain, sistem dapat mengirimkan berita kepada keluarganya atau memanggil ambulans. Sensor pasif yang ditempatkan di berbagai bagian rumah memantau aktivitas orang tersebut, mengingatkan mereka saat mereka perlu minum obat, dan memperingatkan saat makan terlewat atau jumlah gerakan fisik berkurang. Bahkan saat pemakainya jauh dari sistem pusat, aplikasi Android terus mengikuti jejak ini. Di sektor otomotif, aplikasi Automatic melacak status mobil Anda berkat adaptor yang terpasang di mobil. Dengan kata lain, aplikasi ini mengukur jarak tempuh Anda, menghitung berapa jam Anda berkendara, menghitung biaya bahan bakar dan efisiensi, melaporkan lokasi Anda, dan menyatakan jika ada masalah dengan kontak. DHL dalam Logistik Internet of Things; pemantauan dan pemeliharaan kendaraan, pelacakan paket secara real-time, sensor lingkungan dalam kontainer, pengumpulan informasi tentang karyawan dan peralatan, kendaraan dan karyawan dapat berguna untuk meningkatkan keselamatan. Semua teknologi ini mungkin memerlukan waktu lama untuk tersedia, tetapi begitu teknologi ini tersedia, efisiensi di sektor logistik dan transportasi dapat ditingkatkan secara signifikan. Sebagai perusahaan IT terkemuka, Cisco mendorong perusahaan untuk membuat proses produksi

mereka lebih efisien dengan menggunakan teknologi Internet of Things di pabrik mereka. Penggunaan teknologi pemantauan jarak jauh dan akses peralatan dalam produksi sangat meningkatkan produktivitas, memungkinkan penyelesaian masalah yang lebih cepat, dan akibatnya meningkatkan produksi. Banyak orang mungkin menertawakannya, tetapi para pemangku kepentingan dan pengusaha yang telah mulai melunasi investasi akan menunjukkan minat yang besar terhadap inovasi semacam itu. Di sektor konstruksi, Oceanit menambahkan nanosensor ke semen, yang memungkinkan semen bertindak sebagai sensor dan mengirim serta merespons sinyal mekanis, akustik, dan magnetik. Perusahaan menggunakan pengeboran minyak untuk mengilustrasikan produk tersebut. Misalnya, semen yang dituangkan di sekitar sumur mengirimkan informasi kepada para pekerja, yang dapat menentukan ketahanan sumur dan menilai risiko dengan lebih akurat. Teknologi ini dapat digunakan di banyak tempat mulai dari trotoar hingga pembangkit listrik tenaga air.

### ***Manfaat dan Potensi Masalah Aplikasi Internet of Things***

Pemanfaatan aplikasi Internet of Things semakin meluas. Aplikasi ini digunakan dalam kehidupan sehari-hari maupun di sektor kesehatan. Berada dalam kehidupan sehari-hari seperti itu telah memunculkan diskusi tentang kelebihan dan kekurangan aplikasi ini. Diskusi ini dilakukan oleh komunitas akademis dan bisnis dan mencakup pandangan bipolar. Satu kelompok berpendapat bahwa praktik ini sepenuhnya menguntungkan, sementara kelompok lain memiliki kekurangan.

Pemanfaatan teknologi Internet of Things di bidang kesehatan akan menciptakan perbedaan yang signifikan dalam kehidupan manusia dalam hal memantau data kesehatan orang, memantau status kesehatan, dan menyimpan data yang diperoleh. Hal ini akan membuat perbedaan yang signifikan dalam hal pemantauan tubuh melalui microchip yang dapat dimakan dan terurai secara biologis dalam tubuh manusia, penyimpanan catatan kesehatan, dan pengamatan keadaan darurat dengan cara yang mudah. Dengan penggunaan teknologi yang dapat dikenakan dalam perawatan kesehatan, margin kesalahan dapat diminimalkan. Analisis yang dilakukan melalui teknologi ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat karena menghilangkan kesalahan manusia.

Dengan penggunaan Internet of Things, informasi lingkungan seperti faktor iklim, kebisingan dan radiasi, bencana alam akan dikumpulkan, diproses, dan disimpan, sistem akan secara otomatis diberitahu dalam keadaan darurat dan tindakan akan diambil. Internet of Objects dapat bekerja sama dengan jaringan independen, dan informasi penting dapat dikirimkan dengan cepat ke jarak yang jauh. Dengan cara ini, akan ada peluang untuk melakukan intervensi dengan sangat cepat meskipun ada situasi yang negatif. Ini akan memberikan solusi yang berguna untuk kesulitan yang dihadapi oleh sistem transportasi Internet of Things, lokasi instan, pergerakan dan rute kendaraan pribadi atau umum yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dapat diikuti dengan mudah dan informasi yang diperoleh akan diproses dan disimpan.

Selain itu, kendaraan yang dilengkapi dengan teknologi ini akan memberikan informasi kepada pengemudi seperti situasi lalu lintas instan, rute alternatif, perkiraan waktu perjalanan, dan tempat parkir gratis. Dalam waktu yang tidak terlalu lama, mobil akan

membaca rambu lalu lintas dan lampu dengan kekuatan Internet of Objects, dan menggunakan jalur alternatif dengan mempertimbangkan situasi lalu lintas dengan memproses data yang mereka peroleh melalui sensor, satelit dan Internet.

Teknologi Internet of Things dapat digunakan di kota-kota tempat kita tinggal seperti di semua area lainnya. “Kota pintar akan mulai terbentuk. Kota-kota yang sumber dayanya digunakan secara efisien dan cerdas, penghematan energi dan biaya, penyediaan layanan dan kualitas hidup ditingkatkan, polusi lingkungan berkurang dan emisi karbon rendah digunakan untuk meningkatkan standar hidup dan kualitas penduduk kota dengan menggunakan internet objek. Dengan demikian, situasi lalu lintas dipantau dan dikendalikan, kualitas udara dipantau, pengukuran dilakukan dan bahkan kepenuhan wadah limbah akan dipantau oleh teknologi yang akan digunakan.

Internet of Things akan meningkatkan produktivitas dalam produksi dengan pabrik-pabrik cerdas, robot pembelajaran dengan kecerdasan buatan, sistem fisik siber, dan teknologi awan. Ini akan memungkinkan target-target seperti nol kesalahan, nol biaya inventaris, dan penghematan waktu terwujud. Dengan saluran distribusi dan sistem logistik cerdas, layanan berkualitas dengan biaya lebih rendah dan kepuasan pelanggan yang maksimal akan terwujud.

Penggunaan aplikasi Internet of Things semakin meluas. Ini telah mulai digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti di sektor ini. Peningkatan penggunaan aplikasi ini telah membawa dampak negatif yang akan ditimbulkannya beserta manfaatnya. Diperkirakan bahwa ini memiliki beberapa konsekuensi negatif dengan fakta bahwa itu membuat hidup lebih mudah. Dampak negatif yang mungkin terjadi dari aplikasi IoT dapat dicantumkan sebagai penyebab masalah lingkungan yang terkait dengan konsumsi energi secara umum, pada pekerjaan, menyebabkan masalah keamanan dan pelanggaran privasi, dan tidak menetapkan standar universal.

Internet of Objects mengacu pada perangkat pintar yang terhubung satu sama lain melalui jaringan virtual. Perangkat yang terus-menerus memproduksi dan memproses data menghabiskan energi yang sangat besar. Konsumsi energi yang besar menyebabkan masalah lingkungan dan konsumsi sumber daya alam. Ini adalah salah satu fitur negatif dari teknologi tersebut. Belum memungkinkan untuk mengembangkan teknologi yang dapat memenuhi konsumsi energi sistem cerdas.

Oleh karena itu, konsumsi energi dan dampaknya terhadap kondisi lingkungan merupakan salah satu konsekuensi negatif dari aplikasi IoT. Keamanan dan privasi merupakan masalah terpenting yang perlu ditangani. Perangkat ini tidak hanya mengumpulkan informasi pribadi seperti nama dan nomor telepon, tetapi juga jam berapa Anda meninggalkan kantor, memantau kapan Anda tiba di rumah, dan bahkan dengan siapa Anda makan siang. Sebagai akibat dari pelanggaran keamanan yang terus-menerus terjadi dari cloud bersama atau pribadi, pengguna tentu saja takut untuk membebani data pribadi secara berlebihan. Aplikasi IoT memerlukan langkah-langkah keamanan yang ekstensif.

***Manajemen sistem yang rentan terhadap serangan siber merupakan salah satu masalah utama.***

Masalah yang dihadapi dalam aplikasi IoT adalah tidak dapat ditetapkannya standar universal. Berbagai protokol aplikasi, protokol penemuan layanan, protokol infrastruktur, dan protokol efektif lainnya telah ditetapkan dalam bidang ini. Meskipun demikian, perlu waktu untuk menetapkan standar universal.

Penggunaan aplikasi iot, khususnya di bidang industri, diperkirakan akan berdampak negatif terhadap lapangan kerja. Meskipun dikatakan bahwa penggunaan teknologi akan menciptakan lapangan kerja baru, dapat dikatakan bahwa bidang-bidang ini juga akan memiliki andil dalam keberhasilan teknologi pada waktunya. Akibatnya, dapat dikatakan bahwa aplikasi iot mungkin memiliki dampak dan konsekuensi negatif serta manfaat.

### **1.3 MASA DEPAN DAN MASYARAKAT 5.0**

Teknologi harus dianggap oleh masyarakat sebagai penolong, bukan sebagai ancaman, kata Presiden Jepang Shinzo Abe untuk pertama kalinya di CeBIT. Masyarakat 5.0 mengevaluasi dampak digitalisasi dan robot secara demografis, ekonomi, etika, dan sosiologis, serta mengusulkan model "masyarakat super cerdas" di mana orang-orang terhubung paling efektif dengan mesin dan robot.

Buklet yang mencakup pengenalan Komunitas 5.0 pada tahun 2018 oleh Yayasan Kaidanren terdiri dari 5 bab. *Pada bagian pertama*, transformasi sosial dalam sejarah manusia; masyarakat pemburu, masyarakat pertanian, masyarakat industri, masyarakat informasi, dan masyarakat super cerdas. Seiring berjalannya waktu, orang-orang yang tertarik pada perburuan menjadi tertarik pada pertanian dan mengarah pada kehidupan yang mapan. Masyarakat yang mulai memproduksi dengan pertanian mulai melakukan produksi industri. Pada periode ini, ketika mesin mulai menggantikan tenaga manusia, penggunaan teknologi otomasi dan internet dalam produksi, bersama dengan penemuan komputer dan transisi ke teknologi informasi, menciptakan masyarakat informasi. Perubahan dalam revolusi industri lainnya telah menyebabkan perkembangan dan kemajuan dalam berbagai subjek, tetapi juga masalah sosial. Karena alasan ini, filosofi masyarakat 5.0 bertujuan untuk mengembangkan solusi bagi populasi dunia yang menua, menghasilkan solusi untuk polusi lingkungan dan bencana alam, membuat dunia virtual dan dunia nyata bekerja sama, dan memanfaatkan internet objek dengan mempertimbangkan kepentingan masyarakat.

Masyarakat informasi menekankan kemajuan teknologi pada isu-isu industri. Untuk menekankan transformasi yang diciptakan oleh kemajuan ini di tingkat sosial, masyarakat era baru, yang berfokus pada latar belakang individu dan kehidupan mereka, disebut 5.0. Filosofi dasar Masyarakat 5.0 adalah mengembangkan pembangunan ekonomi dan solusi untuk masalah sosial untuk beradaptasi dengan meningkatnya persaingan.

*Di bagian kedua*, disebutkan perlunya transformasi digital dan teknologi transformasi digital dasar. Teknologi ini meliputi Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), sistem robotik, dan Distributed Ledger Technology (DLT).

*Di bagian ketiga;* Diklaim bahwa masyarakat 5.0, transformasi digital, dan kreativitas masyarakat akan berkontribusi pada solusi masalah dan penciptaan nilai. Reformasi sosial dalam Masyarakat 5.0 mencakup masyarakat individu yang bebas, setara, dan berpikiran terbuka, di mana orang-orang dengan nilai-nilai individu berada di garis depan. Nilai baru yang diciptakan melalui inovasi akan menghilangkan kesenjangan regional, usia, jenis kelamin, dan bahasa serta memastikan penyediaan produk dan layanan yang disesuaikan dengan berbagai kebutuhan individu dan kebutuhan tersembunyi.

*Pada bagian keempat;* Diuraikan desain masyarakat tempat setiap orang dapat menggunakan bakat yang berbeda, menemukan peluang kapan pun dan di mana pun mereka inginkan, tempat yang aman, manusia hidup dalam harmoni dengan alam, dan tempat terciptanya nilai. Setiap individu, termasuk orang tua dan wanita, dapat hidup dengan aman dan nyaman, dan setiap orang dapat mencapai gaya hidup yang diinginkan. Peningkatan produktivitas melalui digitalisasi dan reformasi model bisnis didorong dan pada saat yang sama ekonomi dan masyarakat baru akan terwujud dengan mempromosikan inovasi dan globalisasi. Berbagai upaya sedang dilakukan untuk memecahkan banyak masalah negara seperti populasi yang menurun, masyarakat yang menua secara berlebihan, dan bencana alam, sehingga memastikan terwujudnya masa depan yang kaya dan luas. Dengan perluasan bisnis dan layanan baru di luar negeri, kita juga dapat berkontribusi pada solusi masalah global.

*Pada bagian kelima;* Masyarakat 5.0 memiliki 17 tujuan yang akan mengubah dunia. Solusi untuk kemiskinan dan kelaparan, pendidikan berkualitas, layanan kesehatan, kesetaraan gender, air bersih, energi daur ulang, pertumbuhan ekonomi dan lapangan kerja, inovasi dan infrastruktur industri, kota dan komunitas berkelanjutan, solusi untuk masalah iklim, konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, air dan kehidupan di daratan.

Ada lima kendala utama yang harus diatasi Masyarakat 5.0 untuk mewujudkannya. Filosofi ini, yang tampak seperti utopia, adalah kendala dalam sistem hukum, kesenjangan ilmiah dalam digitalisasi objek, kurangnya personel yang berkualifikasi, prasangka sosial-politik, dan resistensi sosial.

#### **1.4 RINGKASAN**

Inovasi yang terus berkembang sepanjang sejarah manusia dan teknologi yang dikembangkan secara paralel dengan penemuan ini telah menyebabkan transformasi dalam setiap aspek kehidupan. Teknologi yang dimaksudkan untuk dikembangkan secara eksklusif di bidang kesehatan juga diadaptasi ke sektor pendidikan, industri, dan hiburan. Sebuah ide kecil dan sistem kamera yang dikembangkan untuk menindaklanjuti mesin kopi di sebuah institusi tempat para insinyur bekerja telah mengungkap konsep internet objek masa kini. telah menjadi sebuah teknologi. Dengan memadukan ide fasilitasi usaha kecil dengan kemajuan teknologi, terciptanya objek cerdas dengan keterampilan berpikir, menganalisis, dan memecahkan masalah yang dapat dilakukan oleh otak manusia disebut industri 4.0. Dalam Industri 4.0, objek memiliki identitas digital dan fitur otonom. Sistem ini, yang dimaksudkan untuk memfasilitasi kehidupan manusia, menciptakan bangunan cerdas dan kota pintar,

sambil menyederhanakan kehidupan sehari-hari, juga memberikan solusi bagi masalah lingkungan yang diciptakan oleh sistem tersebut. Masalah komunikasi besar dan penyimpanan jaringan data dengan internet objek dipecahkan oleh data besar dan teknologi cloud.

Saat ini, sebagaimana kita dapat berbelanja dengan uang virtual, di masa depan, semua proses dapat dikelola dengan Internet of Things tanpa memerlukan objek atau dengan sejumlah kecil objek. Kemajuan teknologi akan memungkinkan komunikasi dengan chip yang dipasang di kulit kita tanpa perangkat seluler, akses tanpa teknologi telekomunikasi, mungkin dengan teknologi iradiasi, materi pelatihan tanpa usb, pelatihan dengan logika usb, dan produksi dengan simulasi virtual tanpa mesin.

Dengan Industri 4.0, objek dibebani dengan tugas-tugas besar dan dimaksudkan untuk mengelola dirinya sendiri. Dalam apa yang disebut Masyarakat 5.0, di luar pengelolaan objek secara mandiri, dunia virtual tanpa objek diharapkan dapat dikelola. Oleh karena itu, dalam realisasi filosofi masyarakat 5.0, masyarakat yang super cerdas, kreatif, dan imajinatif dituju. Sementara tugas-tugas sederhana dilakukan dengan teknologi robot, pengelolaan proses yang lebih kompleks dan produksi teknologi kreatif baru harus dilakukan oleh manusia. Sasaran ini juga dapat dianggap sebagai solusi untuk masalah ketenagakerjaan, yang diklaim diciptakan oleh industri 4.0.

Dalam buku ini, revolusi Industri terakhir, Industri 4.0, diteliti dan dimensi yang dicapai oleh teknologi yang digunakan dalam industri 4.0 dan pentingnya internet objek, salah satu teknologi ini, dalam revolusi industri ke-4 ditekankan. Menurut penelitian ini, produktivitas dan profitabilitas dapat ditingkatkan di bidang industri dengan internet of object dan teknologi berkembang lainnya. Seperti dalam filosofi dasar masyarakat 5.0 yang disebutkan di bagian akhir penelitian; tugas-tugas sederhana dapat dilakukan dengan robot sehingga individu dapat berkonsentrasi pada tugas-tugas yang lebih kompleks yang membutuhkan kecerdasan yang lebih tinggi. Tidak mungkin untuk lari dari perubahan, sehingga perlu untuk bertahan hidup dengan beradaptasi dengan era transformasi digital.

## BAB 2

### PRODUKTIVITAS DALAM TRANSFORMASI DIGITAL

Bab ini menyajikan perbedaan antara konsep digitalisasi dan transformasi digital. Para pelopor transformasi digital dalam proses historis dan penggunaannya di berbagai sektor dijelaskan dengan contoh. Hubungan antara transformasi digital dan produktivitas dibahas, dan faktor pendorong yang memungkinkan hubungan ini dijelaskan secara terperinci. Proses transformasi digital Turki dibagikan dengan menjelaskan visi sektor publik dan swasta. Dijelaskan juga apa yang dapat dilakukan UKM dalam proses transformasi digital untuk mendapatkan keunggulan kompetitif.

#### 2.1 PENDAHULUAN

*Digital Transformation* / Transformasi digital (DT) dapat dilihat sebagai topik yang sedang berkembang serta pembahasan tentang faktor pendorongnya dan manfaat implementasi terkait. Faktanya, dapat dikatakan bahwa integrasi penggerak teknologi, seperti big data dan analitik terkait, komputasi awan, teknologi sensor, ekonomi internet, perdagangan elektronik, kecerdasan buatan, internet untuk segala, telepon pintar, pencetakan 3D, chatbot, realitas tertambah, keamanan siber, sistem robotika canggih, nanoteknologi, rantai pasokan digital, media sosial, otomatisasi, dan lain-lain, yang semuanya digunakan secara intensif di banyak bidang kehidupan ekonomi dan sosial dengan praktik bisnis, dapat memberikan keunggulan kompetitif organisasi yang signifikan. Tujuan utama DT adalah mendesain ulang bisnis organisasi melalui pengenalan teknologi digital, mencapai manfaat seperti peningkatan produktivitas, pengurangan biaya, dan inovasi. Transformasi digital tidak hanya memengaruhi industri manufaktur tetapi juga sektor ekonomi lainnya, seperti kesehatan dan pendidikan. Foto rontgen dapat dilihat dalam waktu singkat oleh dokter lain di negara lain dan pasien dapat segera diberi tahu. Siswa dapat memilih mata kuliah dari universitas lain karena pendidikan jarak jauh, untuk mendapatkan pendidikan sesuai minat mereka, untuk memiliki akses cepat ke informasi. Hari demi hari, individu dan perusahaan telah mengadopsi teknologi dengan pendekatan “bagaimana saya bisa lebih produktif”, manufaktur dan hasil ditujukan untuk ditingkatkan melalui teknologi canggih.

#### **Digitalisasi dan Transformasi Digital**

“Digitalisasi” dan “Transformasi digital” adalah dua istilah konseptual yang sangat erat kaitannya dan sering digunakan secara bergantian dalam berbagai literatur. Menurut Ernst & Young (2011) Digitalisasi berarti konversi informasi analog menjadi informasi digital (yang dapat dibaca komputer).

Digitalisasi membuat produk fisik dapat diprogram, dapat diakses, masuk akal, dapat dikomunikasikan, mudah diingat, dapat dilacak, dan dapat dikaitkan [misalnya buku, pakaian, peralatan rumah tangga, musik]. Untuk memberikan beberapa contoh sederhana: mengubah rekaman trek audio analog menjadi salinan digital, mengubah toko yang berlokasi fisik menjadi toko daring. Gartner menjelaskan digitalisasi sebagai waktu penggunaan teknologi

digital untuk mengubah model bisnis dan menyediakan peluang pendapatan dan nilai baru. Menurutnya, digitalisasi adalah proses transisi menuju operasi digital. Transformasi dan otomatisasi proses manufaktur di bawah teknologi digital dapat dikemukakan sebagai contoh. Digitalisasi, khususnya melalui meluasnya penggunaan telepon pintar, konektivitas awan, internet untuk segala hal, pencetakan 3-D, dan perkembangan terkait lainnya, telah semakin memaksa para manajer untuk fokus pada ekosistem, tidak hanya sebagai sarana untuk meningkatkan efisiensi, tetapi juga sebagai jalur pertumbuhan.

Digitalisasi berkontribusi pada prospek pertumbuhan, profitabilitas, dan kapasitas kompetitif perusahaan dengan memberikan pertumbuhan produktivitas dalam aplikasi yang berhasil.

Digitalisasi adalah penggunaan teknologi digital untuk mengubah model bisnis dan memberikan peluang pendapatan dan nilai baru. Ini lebih tentang operasi bisnis daripada interaksi sosial atau model bisnis. Digitalisasi adalah “Digitalisasi keempat dimensi pengalaman manusia [waktu-ruang-artefak-aktor] membentuk dasar komputasi eksperiensial”. Tilson dkk (2010) mendefinisikan digitalisasi sebagai proses sosioteknis penerapan teknik digitalisasi ke konteks sosial dan kelembagaan yang lebih luas yang menjadikan teknologi digital bersifat infrastrukural [misalnya, Alibaba Group, Alphabet Inc., Amazon.com, Apple Inc., Facebook Inc., Microsoft Corp., NetEase Inc., Paycom Software Inc., Tesla Inc., Uber]. Digitalisasi juga mengubah organisasi dan struktur operasional perusahaan. Untuk mengelola dorongan perubahan baru, perusahaan mapan dapat menggunakan pengalaman mereka. Ini adalah keunggulan kompetitif yang besar, tetapi mungkin tidak lagi cukup. Perusahaan perlu menemukan keseimbangan yang tepat antara stabilitas dan fleksibilitas untuk menggunakan keduanya. Digitalisasi diperlukan untuk menjadi dapat berubah dan gesit dengan menggunakan potensi otomatisasi baru, infrastruktur komunikasi atau untuk mendapatkan jaringan dalam sistem dan lingkungan. Tantangannya adalah menemukan cara untuk menggunakan stabilitas yang diperoleh tetapi pada saat yang sama menjadi lebih fleksibel dengan melarutkan struktur yang kuat tersebut.

Kata-kata digitalisasi dan transformasi digital serta keterkaitannya yang jelas dengan semua istilah lainnya, mendorong para penulis untuk mencermati lebih dekat definisi, karakteristik, dan dampaknya terhadap masyarakat dan ekonomi. Sejak pertengahan abad ke-20 dan seterusnya, setelah penemuan transistor dan mikroprosesor, teknologi digitalisasi memungkinkan konversi media tradisional seperti gambar, kertas, suara, video, atau sinyal menjadi bit dan byte (satu dan nol) penyimpanan komputer. Sejak awal abad ke-21, dengan munculnya media sosial, jaringan sosial, dan peningkatan teknologi sensor, informasi tambahan direkam, didigitalkan, dan dibagikan seperti aktivitas kehidupan sosial dan data fisik kehidupan seperti lokasi, suhu, gaya, berat, tekanan darah, dan stres. Saat ini, produk yang tidak didigitalkan semakin terdigitalisasi karena menerima, misalnya, sensor pelacakan untuk menemukannya atau koneksi jaringan untuk memberikan informasi status.

Fitzgerald dkk. (2013) mendefinisikan transformasi digital sebagai, “penggunaan teknologi digital baru (media sosial, seluler, analitik, atau perangkat tertanam) untuk memungkinkan peningkatan bisnis utama seperti meningkatkan pengalaman pelanggan,

merampingkan operasi, atau menciptakan model bisnis baru.” Rogers (2016) berpendapat bahwa transformasi digital pada dasarnya bukan tentang teknologi, tetapi tentang strategi, yang berarti bahwa tim kepemimpinan senior harus menemukan cara untuk memanfaatkan inovasi model bisnis baru dan tak terduga yang mengoptimalkan kebutuhan dan pengalaman pelanggan. Transformasi digital berarti perubahan dalam semua strategi penciptaan lapangan kerja dan pendapatan, penerapan model manajemen yang fleksibel yang mampu bersaing dengan pesaing, dengan cepat memenuhi permintaan yang berubah. Transformasi digital adalah penggunaan internet secara fungsional dalam desain, manufaktur, pemasaran, penjualan, penyajian, dan merupakan model manajemen berbasis data. Transformasi digital tidak boleh dianggap sebagai lompatan teknologi. Manajemen operasi tidak boleh hanya difokuskan pada pembaruan perangkat lunak-perangkat keras. Ini adalah adaptasi ekosistem kelembagaan dan operasional entitas mana pun dalam hal bisnis baru dan metode berpikir dalam upaya untuk mengimbangi digitalisasi dengan memanfaatkan faktor-faktor digital. Transformasi digital mencakup berbagai kemungkinan teknis seputar data digital, seperti Internet of Things, Big Data, atau layanan cerdas.

Interkoneksi dan akses pelanggan digital sama pentingnya dengan pengembangan otomatisasi baru seperti robotika atau manufaktur aditif. Digitalisasi diperlukan untuk menjadi fleksibel dan tangkas dengan menggunakan potensi otomatisasi baru, infrastruktur komunikasi, atau untuk terhubung dalam sistem dan lingkungan. Transformasi digital berkaitan dengan perubahan yang dapat ditimbulkan oleh teknologi digital dalam model bisnis perusahaan, yang mengakibatkan perubahan produk atau struktur organisasi atau otomatisasi proses [misalnya General Electric, ING Group, Volvo].

Konsep transformasi digital dan digitalisasi sebagian besar membingungkan. Suatu operasi dapat mendigitalkan semua proses menggunakan hal-hal yang berkaitan dengan internet dan konsep industri 4.0 sesuai dengan aplikasi seluler yang menghubungkan semua pemasok. Di akhir proses ini, ia dapat mempelajari informasi stok secara instan, untuk membuat akses instan ke pelanggannya. Sementara di negara-negara maju, berbagai penemuan teknologi dibuat prototipenya, dikembangkan, dan diadopsi dalam kehidupan sosial, negara-negara lain yang mampu melakukan proses tersebut menyebabkan massa yang sangat besar. Ketika suatu operasi menggunakan bahan baku baru dengan perkembangan teknologi muncul, operasi A dapat tertinggal dari persaingan jika tidak menggunakan sumber bahan baku baru bahkan jika ia mendigitalkan semua prosesnya. Oleh karena itu, ketika transformasi digital disebutkan, digitalisasi seharusnya tidak hanya terlintas dalam pikiran. Itu harus menjadi penerapan model bisnis yang fleksibel. Beberapa contoh transformasi digitalisasi yang berhasil dapat berupa; panel surya menggantikan ubin yang digunakan sebagai bahan baku, mobil listrik mulai diproduksi alih-alih kendaraan bertenaga bensin, kaca daur ulang digunakan dalam pembuatan wadah kaca baru. Penting bagi operasi untuk mematuhi aturan dan tuntutan persaingan yang berubah. Transformasi digital adalah penataan ulang teknologi, model bisnis, dan proses untuk memastikan nilai-nilai baru bagi pelanggan dan karyawan dalam ekonomi digital yang terus berubah dan berkembang. Kecepatan transformasi digital sebenarnya ditentukan berdasarkan tuntutan konsumen.

Pelanggan saat ini sangat sadar, terikat, dan berpengetahuan tentang cara terbaik menggunakan teknologi digital terkini. Arah fokus teknologi bergeser dari melayani perusahaan menjadi melayani individu. Digitalisasi dan digitalisasi pada dasarnya adalah tentang teknologi, tetapi transformasi digital tidak. Transformasi digital adalah tentang pelanggan. Transformasi digital mengharuskan organisasi untuk menangani perubahan secara keseluruhan dengan lebih baik, yang pada dasarnya menjadikan perubahan sebagai kompetensi inti karena perusahaan menjadi berorientasi pada pelanggan dari awal hingga akhir. Pelanggan saat ini tidak lagi hanya mengharapkan perusahaan untuk menanggapi tuntutan mereka yang diungkapkan, tetapi secara implisit mengharapkan perusahaan untuk mengantisipasi dan memenuhi kebutuhan masa depan mereka sebelum mereka sendiri menyadarinya. Pelanggan sering kali dapat memberikan umpan balik yang paling berharga mengenai produk atau proses terkini yang dapat menghasilkan ide-ide inovatif. Digitalisasi telah memberdayakan pelanggan dengan lebih banyak pilihan, harapan, dan tuntutan, yang telah memaksa perusahaan untuk mengevaluasi ulang atau melengkapi proposisi nilai pelanggan transaksional tradisional dengan proposisi nilai relasional atau multidimensi baru.

## 2.2 PRODUKTIVITAS DALAM BISNIS

Produktivitas didefinisikan secara beragam oleh berbagai disiplin ilmu. Produktivitas dijelaskan sebagai, “Tingkat antara jumlah barang dan jasa yang diproduksi dan input yang digunakan dalam pembuatan sejumlah barang dan jasa tersebut; dan diformulasikan sebagai “output/input”. Menurut para ekonom, produktivitas adalah hubungan antara output dan input yang digunakan untuk memproduksinya. Menurut para insinyur, produktivitas adalah kerja mesin yang efektif. Menurut akuntan, produktivitas adalah tentang kinerja operasi berdasarkan rasio keuangan dan tabel keuangan. Menurut para direktur, produktivitas didefinisikan sebagai kualitas dan kuantitas, input per jam, aktivitas, absensi, cuti kerja, kepuasan kerja, laba, tingkat persaingan, pemerintah, insentif, dan lain-lain. Pengukuran produktivitas dapat dilakukan untuk satu input (produktivitas parsial), lebih dari satu input (produktivitas multifaktor), atau semua input (produktivitas total). Mana yang digunakan bergantung pada tujuannya. Jika tujuannya adalah untuk mengikuti perkembangan produktivitas tenaga kerja, tenaga kerja digunakan sebagai ukuran input. Dengan perhitungan produktivitas parsial, dapat ditentukan seberapa banyak masing-masing faktor harus diintervensi.

Pengukuran produktivitas parsial, seperti produktivitas tenaga kerja (output/tenaga kerja) dan daya mesin (output/mesin) sering digunakan oleh operasi. Selain itu, kriteria yang digunakan dalam mengukur kinerja umum suatu operasi harus berupa nilai produktivitas total yang mempertimbangkan semua input dan output. Semua faktor manufaktur (Tenaga kerja + Mesin + Modal + Energi) dipertimbangkan dalam perhitungan produktivitas faktor total. Prinsip utama pertumbuhan produktivitas adalah bahwa “memproduksi lebih banyak barang berkualitas tinggi dengan input yang sama atau memproduksi barang dengan kuantitas dan kualitas yang sama dengan input yang lebih sedikit” dan prinsip tersebut harus dipelajari, diadopsi, dan diterapkan dalam pekerjaan mereka di semua tingkatan.

Pada awal abad ke-19, jumlah total manufaktur dapat ditingkatkan tanpa tenaga kerja tambahan dengan mengubah cara kerja dan cara kerja dapat direformasi dengan meminimalkannya secara ilmiah. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan produktivitas dengan meminimalkan pemborosan dan kerugian yang timbul selama manufaktur. Perkembangan teknologi mengubah metode praktik bisnis. Produktivitas dipandang sebagai kriteria kinerja yang umum digunakan karena dapat dengan mudah digunakan dalam banyak operasi dan merupakan ukuran yang sederhana. Dalam bahasa Inggris, “productivity” sesuai dengan itu. Produktivitas adalah ukuran yang menunjukkan seberapa efektif sumber daya diuntungkan dalam suatu operasi. Alasan mengukur produktivitas adalah untuk mengikuti manufaktur secara ketat, untuk memperbaiki varians, untuk memberikan penghematan dari waktu, bahan baku dan material, untuk menurunkan biaya dan untuk meningkatkan jumlah manufaktur. Untuk meningkatkan produktivitas, metode yang disarankan adalah: memilih standarisasi dalam metode bisnis, bahan baku, agen dalam manufaktur, menyederhanakan pekerjaan, membuat studi kerja, mengembangkan komunikasi, memfasilitasi transportasi, mengurangi waktu idle mesin, meningkatkan lingkungan kerja fisik, menyarankan spesialisasi, mengambil perencanaan dan pemrograman dari pekerja dan menjadikannya fungsi manajemen, meningkatkan sistem upah insentif. Produktivitas tidak hanya diwujudkan dengan menggunakan semua peluang ekonomi dan teknis secara ideal, tetapi juga personel yang bekerja dengan penuh semangat.

### **Makna Produktivitas dalam Transformasi Digital**

Apa arti produktivitas dalam transformasi digital? Mengembangkan model dan strategi bisnis baru, menjalankan semua proses bisnis, sistem pembayaran, informasi melalui media elektronik dengan teknologi digital adalah aktivitas yang menciptakan produktivitas. Ada potensi teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas dalam berbagai proses. Dalam hal itu, dimungkinkan untuk menindaklanjuti pesanan secara real time dengan menggunakan sistem terintegrasi dengan pemasok. Deteksi lokasi disediakan oleh teknologi RFID dan produktivitas proses dan sumber daya ditingkatkan dengan pesanan stok otomatis. Produktivitas tenaga kerja ditingkatkan dengan penggunaan robot, kontrol proses otomatis. Sistem penyimpanan pintar memungkinkan produktivitas manajemen stok, pengemasan yang dipastikan oleh mesin yang sepenuhnya otomatis memudahkan produktivitas pengemasan, dan manajemen kualitas untuk deteksi dan solusi kesalahan dalam proses manufaktur.

Sejalan dengan DT dan sering disebut sebagai peluang besar untuk mempromosikan DT dalam manufaktur, paradigma industri 4.0 juga telah muncul, yang tujuannya adalah untuk mencapai tingkat efisiensi dan produktivitas operasional yang lebih tinggi, serta tingkat otomatisasi yang lebih tinggi. Industri 4.0 memfasilitasi interkoneksi dan komputerisasi ke dalam industri tradisional. Penggunaan pilar DT yang lebih signifikan telah didorong oleh akselerator inovasi, yang mencakup, antara lain, IoT, Robotika, Percetakan 3D, Kecerdasan Buatan, Realitas Tertambah dan Virtual, Sistem Kognitif, dan Keamanan Generasi Berikutnya (NextGen). Sejauh ini, IDC memperkirakan bahwa pada tahun 2019, teknologi dan layanan platform ke-3 akan mencakup sekitar 75% dari pengeluaran TI. Dengan demikian, agar

perusahaan tetap kompetitif di pasar, memastikan lebih banyak kelincuhan, efisiensi, dan produktivitas dalam bisnis, tidak lagi cukup hanya berinvestasi dalam TI. Penting untuk mengenali nilai strategis akselerator inovasi dan merencanakan infrastruktur TI untuk mendukung DT.

Manufaktur dibuat dan manajemen permintaan dan pasokan dimungkinkan sesuai dengan preferensi pelanggan dengan analisis data besar. Periode akses pasar dipersingkat dengan mengembangkan prototipe dengan printer 3D, produktivitas layanan purnajual ditingkatkan dengan akses jarak jauh, kontrol, perbaikan. Faktor-faktor yang meningkatkan produktivitas dan mempercepat transformasi digital dalam operasi dijelaskan dalam Tabel 1.

**Tabel 2.1. Faktor-faktor utama yang meningkatkan produktivitas dan faktor pendorong yang mempercepat transformasi digital**

<b><i>Perkembangan teknologi dan inovasi, peningkatan wirausahawan digital</i></b>	Inovasi sangat penting dalam pertumbuhan ekonomi, membuat teknologi menjadi lebih murah. Prestasi dalam politik teknologi dan inovasi meningkatkan ekonomi negara. Pengusaha yang membuat kode dan bekerja di platform digital harus meningkat.
<b><i>Perubahan praktik bisnis dengan ekonomi internet, perdagangan elektronik</i></b>	Menurut WTO (Organisasi Perdagangan Dunia), E-commerce didefinisikan sebagai “manufaktur, distribusi, penjualan, dan pengiriman barang dan jasa melalui sarana telekomunikasi. Menurut OECD (Organisasi untuk Kerjasama Ekonomi dan Pembangunan), “ini adalah semua bentuk transaksi yang berkaitan dengan kegiatan komersial termasuk organisasi dan individu yang didasarkan pada pemrosesan dan transmisi data digital termasuk teks, suara, dan gambar visual”.
<b><i>Globalisasi</i></b>	Akibat dari mobilitas barang, jasa dan modal yang semakin maju, terjadi saling ketergantungan dan peningkatan komunikasi dan interaksi antara masyarakat dan pemerintah yang ada di berbagai belahan dunia dalam proses integrasi ekonomi timbal balik lintas batas dan keterlibatan ekonomi nasional di pasar dunia.
<b><i>Revolusi Industri Keempat (Industri 4.0)</i></b>	Teknologi informasi dan industri dikumpulkan. Dalam revolusi industri keempat, proses manufaktur didigitalisasi, mesin terhubung langsung satu sama lain dan manufaktur yang dipersonalisasi menjadi mungkin, selain itu, lingkungan menjadi kurang tercemar sebagai hasil dari pertumbuhan produktivitas, menghindari penggunaan sumber daya energi dan air yang berlebihan. Karena manufaktur menjadi fleksibel dengan pabrik digital, manufaktur memenuhi permintaan produk yang lebih sedikit dan personal menjadi mungkin. Penghematan energi dalam jumlah yang cukup besar juga disediakan.
<b><i>Kecerdasan buatan</i></b>	Kecerdasan buatan menyelidiki bagaimana otak manusia berpikir dan bagaimana orang belajar dan mengambil keputusan saat mereka mencoba memecahkan masalah, dan meniru hasil penelitian ini dengan perangkat lunak pintar. Kecerdasan buatan tidak

	<p>memengaruhi pikiran programmer, melainkan belajar, memahami, dan menilai dirinya sendiri. Manufaktur dilakukan oleh robot yang memiliki kecerdasan buatan tanpa campur tangan manusia. Sistem perangkat lunak cerdas yang dapat melakukan tugas dan terus belajar serta berkembang.</p>
<b><i>Internet of Things</i></b>	<p>Internet of things adalah teknologi yang berbasis pada transfer data antar perangkat melalui internet. Teknologi ini terdiri dari perangkat yang saling terhubung mulai dari sensor sederhana hingga telepon pintar dan perangkat yang dapat dikenakan. Dengan menggabungkan perangkat tersebut dengan sistem otomatis, Anda dapat membantu seseorang yang memiliki tugas tertentu atau mengumpulkan informasi, menganalisis, atau membuat aktivitas untuk mempelajari suatu proses. Internet of things menawarkan lebih banyak operasional yang berkaitan dengan pekerjaan, penghematan waktu dan uang, dan terutama penghematan emisi. IoT mengacu pada objek sehari-hari yang memiliki alamat IP untuk konektivitas internet yang memungkinkan mereka mengirim dan menerima data, sehingga komunikasi terjadi antara objek ini dan perangkat serta sistem jaringan lainnya. Pengumpulan data waktu nyata, Pemantauan, pengambilan keputusan, dan pengoptimalan proses.</p>
<b><i>Harapan Generasi Z sebagai konsumen baru yang mempengaruhi pasar</i></b>	<p>Mereka lahir antara tahun 1996 dan 2001 dan merupakan 25% dari populasi dunia. Generasi yang lahir di dunia perangkat digital ini, menyukai perangkat seluler. Generasi Z suka bertindak sebagai individu, lebih menyukai komunikasi daring daripada komunikasi verbal, berlangganan saluran yang membuat video hiburan, mengikuti tren dari vlog, peduli dengan pemasaran viral, ingin berperan aktif dalam proses desain produk.</p>
<b><i>Rantai Blok</i></b>	<p>Blokchain didefinisikan sebagai buku catatan sandi yang terdesentralisasi. Blockchain, yang mendukung Bitcoin (mata uang yang didukung oleh semua orang dan tidak dapat dikendalikan oleh siapa pun sejak 2012) hingga saat ini merupakan teknologi basis data terdistribusi yang menyediakan tindak lanjut proses terenkripsi.</p>
<b><i>Komputasi Awan</i></b>	<p>Ini adalah istilah umum untuk layanan informasi berbasis internet yang menyediakan sumber daya komputer yang digunakan atau dibagikan antara pengguna atas permintaan untuk komputer dan perangkat lain. Cloud adalah penyediaan infrastruktur TI (misalnya, jaringan, server, penyimpanan, aplikasi, layanan) melalui internet sesuai permintaan. Aplikasi, seperti iTunes, Microsoft Office memastikan bahwa perangkat lunak dapat didistribusikan dari browser web alih-alih mengunduh di komputer. Arti dari komputasi Cloud adalah pengarsipan file musik dan film, foto, dokumen. File musik, foto, dokumen dapat disimpan secara pribadi di komputer pengguna, bukan di pusat data. File komputer dapat diakses dari mana saja dan internet dari setiap komputer.</p>
<b><i>Ponsel Pintar</i></b>	<p>Sekitar 1 miliar ponsel terjual setiap tahun di seluruh dunia. Ponsel pintar generasi baru menawarkan keterampilan komputer. ¼ dari</p>

	ponsel di seluruh dunia adalah ponsel pintar. Di Turki, penggunaan ponsel adalah 98%, penggunaan ponsel pintar adalah 77%, penggunaan komputer adalah 48% pada tahun 2018. Jumlah total pengguna ponsel adalah 59 juta yang merupakan 73% dari populasi.
<b>Percetakan 3D</b>	Ini adalah perangkat yang memproduksi model dengan cepat yang dirancang di komputer atau disiapkan dalam 3D dengan menggunakan berbagai bahan tanpa cetakan atau perlengkapan apa pun. Biaya desain dan pembuatan produk diturunkan. Ini membuat pembuatan lebih cepat. Dengan printer 3D, 10 rumah sehari dapat dibangun di Tiongkok. Ini dapat digunakan dalam desain produk, menurunkan biaya cetakan, aplikasi medis, prosthesis, plester plastik, hadiah yang dipersonalisasi, pembuatan model, dan desain robot. 3DP, juga dikenal sebagai manufaktur aditif, mengacu pada berbagai proses yang digunakan untuk mensintesis objek tiga dimensi.
<b>Chatbot</b>	Aplikasi perangkat lunak ini dirancang dengan tujuan untuk mendukung pengguna di sektor jasa dan menirukan ucapan manusia secara tertulis atau lisan. Kecerdasan buatan seperti Siri, Alexa, atau Google Assistant adalah contoh chatbot yang canggih.
<b>Big Data (BD)</b>	Artinya adalah data besar yang tidak dapat diproses oleh komputer. BD adalah istilah yang terus berkembang yang digunakan untuk menggambarkan sejumlah besar data terstruktur, semi-terstruktur, atau tidak terstruktur yang memiliki potensi untuk ditambang guna memperoleh informasi.
<b>Augmented Reality (AR)</b>	Realitas ditambah digunakan untuk meningkatkan lingkungan atau situasi alami dan menawarkan pengalaman yang diperkaya secara perseptual. Dengan bantuan teknologi AR tingkat lanjut (misalnya, menambahkan visi komputer dan pengenalan objek), informasi tentang dunia nyata di sekitar pengguna menjadi interaktif. Informasi tentang lingkungan dan objek-objeknya ditumpangkan pada dunia nyata. AR digambarkan sebagai perluasan realitas fisik dengan menambahkan lapisan informasi yang dihasilkan komputer ke lingkungan nyata. Informasi dalam konteks ini dapat berupa objek atau konten virtual apa pun, termasuk teks, grafik, video, suara, umpan balik haptik, data Sistem Pemosisian Global (GPS), dan bahkan bau. Dalam kelas biologi atau anatomi, mendeskripsikan struktur fisik manusia dalam praktik dengan kacamata realitas ditambah, perangkat lunak, dan grafik serta animasi 3D; mengubah perusahaan, produk, foto pada katalog menjadi grafik dan animasi 3D dengan telepon pintar dan aplikasi realitas virtual ditambah dapat diberikan sebagai contoh.
<b>Kemajuan ekonomi berbagi</b>	Ekonomi berbagi adalah menawarkan sesuatu yang tidak kita gunakan untuk kebutuhan orang lain tanpa/tanpa ekspektasi apa pun.
<b>Nanoteknologi</b>	N adalah rekayasa sistem fungsional pada skala molekuler
<b>Rantai Pasokan Digital (DSC)</b>	DSC terdiri dari sistem-sistem tersebut (misalnya perangkat lunak, perangkat keras, jaringan komunikasi) yang mendukung interaksi

	antara organisasi-organisasi yang tersebar secara global dan mengatur aktivitas para mitra dalam rantai pasokan. Aktivitas-aktivitas ini meliputi pembelian, pembuatan, penyimpanan, pemindahan, dan penjualan suatu produk. Tujuan DSC adalah untuk mencapai; kecepatan, fleksibilitas, konektivitas global, inventaris waktu nyata, transparansi, kecerdasan, skalabilitas, inovatif, proaktif, ramah lingkungan.
<b>Robotika</b>	Robotika adalah cabang ilmu teknik dan sains interdisipliner yang menangani desain, konstruksi, pengoperasian, dan penggunaan robot. Robot setiap kali dengan kemampuan dan kecerdasan yang lebih luar biasa digunakan untuk mengotomatiskan tugas, mengurangi biaya tenaga kerja. – Robot setiap kali dengan kemampuan dan kecerdasan yang lebih luar biasa digunakan untuk mengotomatiskan tugas. Fleksibilitas yang lebih besar dan waktu pengiriman yang lebih singkat untuk produk ke pasar. Kendaraan dengan intervensi manusia yang berkurang atau tidak ada, Kemajuan dalam antarmuka dan sensor dengan bahan yang lebih baik dan desain yang ergonomis. Robotika menggeser campuran tenaga kerja/modal sambil mengelola harapan masyarakat. Industri pengguna akhir dengan cepat mengadopsi robot untuk keperluan industri guna meningkatkan kualitas produk dan mengurangi biaya produksi.
<b>Media Sosial</b>	Media Sosial adalah kumpulan saluran komunikasi daring yang ditujukan untuk masukan, interaksi, berbagi konten, dan kolaborasi berbasis komunitas. (Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest, Snapchat, YouTube)

### 2.3 SEJARAH INDUSTRI 4.0 DAN DIGITALISASI

Revolusi Industri adalah transisi dari model manufaktur yang berbasis pada tenaga manusia dan hewan ke model yang didominasi oleh tenaga mesin. Pertumbuhan jangka panjang dalam manufaktur dan populasi merupakan hasil dari Revolusi Industri, produktivitas terus meningkat. Terjadi peningkatan populasi sebesar 1,26% antara tahun 1801 dan 1911, peningkatan 145 kali lipat dalam produk nasional.

Mesin mulai menggantikan tenaga kerja sebagai akibat dari perubahan moda manufaktur. Akhirnya, moda manufaktur padat karya berevolusi menjadi moda manufaktur padat modal dan sedikit industrialis dan pengrajin menghilang, pekerja berada di bawah kendali mesin. Revolusi industri pertama terjadi pada akhir abad ke-18 (1750-1870), batu bara, kayu dan besi digunakan sebagai bahan baku, teknologi air dan uap ditingkatkan, rel kereta api dan manajemen kereta api dikembangkan. Revolusi industri kedua (1870-1914) dimulai dengan penggunaan baja, minyak bumi, listrik dalam produksi, penggunaan jalur perakitan memulai produksi serial. Produksi massal, manufaktur padat karya, Fordisme, jalur perakitan termasuk di antara topik-topik yang menonjol.

Keuntungan penting diambil pada kualitas, biaya, dan produktivitas menggunakan elektronik dan otomatisasi dan robot dalam revolusi industri ketiga (1900-1940). Elektronik,

teknologi informasi, otomatisasi, manajemen kualitas total termasuk di antara topik-topik pasca-Fordisme.

Komputer awalnya digunakan untuk keperluan militer, memiliki tempat dalam masyarakat sipil pada tahun 1970-an, teknologi komunikasi benar-benar mengubah kehidupan sosial individu. Sementara penggunaan komputer dan internet pribadi di rumah-rumah hanya sebesar 8% pada tahun 1980-an, angka itu mulai meningkat. Penggunaan ATM di bank, mesin pos dalam belanja kehidupan sehari-hari, kartu kredit, telepon pintar, tablet meningkat, dunia dengan cepat menjadi digital. Negara-negara berubah dari masyarakat agraris menjadi masyarakat informasi sesuai dengan revolusi industri dunia dan revolusi digital. Revolusi industri keempat berarti transformasi digital industri manufaktur dan diterima sebagai revolusi industri baru. Pelanggan memperoleh manfaat besar dari teknologi informasi. Dari sudut pandang konsumen, penggunaan teknologi komunikasi informasi menawarkan sejumlah manfaat, termasuk efisiensi, kemudahan, informasi yang lebih kaya dan partisipatif, pilihan produk yang lebih luas, harga yang kompetitif, pengurangan biaya, dan keragaman produk.

Sejarah digital sebagaimana diterapkan pada produksi, distribusi, dan konsumsi informasi dimulai dengan terciptanya komputer. Sejarah kode digital sebagai cara untuk membuat, menyimpan, mengambil, dan mengirimkan informasi benar-benar dimulai dengan penemuan komputer. Akan tetapi, perkembangan menuju peristiwa ini dimulai bertahun-tahun sebelumnya, dengan karya Charles Babbage pada tahun 1820-an. Pada tahun 1936, matematikawan Inggris Alan Turing menerbitkan "On Computable Numbers", sebuah karya penting yang untuk pertama kalinya membingkai fitur-fitur komputer generik. Pada awalnya, hingga penemuan kode Morse, manusia hanya menggunakan sarana fisik dan mekanis untuk mengirimkan informasi. Kemudian, dengan penemuan listrik, sinyal listrik mulai digunakan untuk mengirimkan informasi. Lebih jauh lagi di masa depan, kita mulai menggunakan alat dan instrumen elektronik yang merupakan hasil integrasi telekomunikasi dan komputer. Dan sekarang, tepatnya di penghujung abad lalu, kita mencapai titik balik yaitu peralihan dari analog ke digital, sebuah pergeseran yang semakin penting karena teknologi digital kini cenderung hadir dalam semua bentuk teknologi informasi dan komunikasi baru. Ide-ide tentang produk, layanan, dan media digital sudah dipahami dengan baik pada tahun 1990-an dan 2000-an. Digitalisasi telah mengubah cara kita bekerja, berbelanja, bertransaksi perbankan, bepergian, mendidik, mengatur, dan mengelola kesehatan kita. Teknologi digitalisasi memungkinkan konversi bentuk penyimpanan informasi tradisional seperti kertas dan foto menjadi kode biner penyimpanan komputer. Telekomunikasi hampir seluruhnya digital sejak tahun 1990 dan sebagian besar memori teknologi kita (94%) sudah digital pada tahun 2007. Dari tahun 2000 hingga 2015, munculnya perangkat pintar dan platform media sosial menyebabkan perubahan besar dalam metode yang digunakan pelanggan untuk berkomunikasi dengan bisnis, pendekatan berorientasi data, dan juga harapan yang dimiliki pelanggan sehubungan dengan waktu respons dan ketersediaan multichannel. Bisnis mulai menyadari bahwa mereka kini mampu berkomunikasi secara digital dengan pelanggan mereka secara individual, dan dalam dunia yang digerakkan oleh data. Misalnya, Airbnb

berkomunikasi secara digital dengan pelanggan mereka secara individual, dan sering kali secara real time. Airbnb tidak memiliki aset fisiknya sendiri (misalnya, hotel).

Digitalisasi adalah masalah semua produk dan proses manufaktur dengan Industri 4.0. Topik yang muncul dari Industri 4.0 adalah robot pintar, simulasi, integrasi perangkat lunak horizontal/lateral, internet of things, keamanan siber, komputasi awan, data besar, realitas tertambah. Periode mulai dari desain produk hingga manufaktur berkurang, periode masuk pasar dipersingkat, rangkaian produk dengan cepat memenuhi permintaan konsumen menjadi mungkin dengan proses keputusan yang optimal dan lebih cepat berdasarkan data numerik di setiap langkah manufaktur. Proses ini memberikan pertumbuhan produktivitas untuk operasi dan menurunkan biaya mereka. Model bisnis klasik telah menghilang dan digantikan dengan model bisnis yang fleksibel, dapat diubah secara instan, memiliki respons waktu nyata terhadap kebiasaan konsumen dan berbasis pengetahuan. Ketika perubahan dalam dunia bisnis sebagai akibat dari Industri 4.0 ditinjau, diperhatikan bahwa manufaktur dan proses manufaktur menjadi praktis, rantai pasokan lebih baik, biaya energi dan infrastruktur menurun, lebih sedikit sumber daya manusia yang dibutuhkan, tenaga kerja yang berkualifikasi meningkat, pendapatan dan tingkat laba meningkat. Saat ini, yang mampu bertahan di era digital yang berkembang pesat adalah orang-orang dan operasi yang mengikuti perkembangan teknologi tersebut. Ditargetkan pendapatan produktivitas dalam manufaktur tahunan memberikan kenaikan 6-7%, penghematan biaya teknik sebesar 30%, dan penghematan energi sebesar 70% dengan Industri 4.0. Dinyatakan bahwa dukungan terhadap produsen dalam negeri yang memiliki potensi ekspor menjadi prioritas dalam proses ini.

#### **2.4 MANFAAT TRANSFORMASI DAN PRODUKTIVITAS DIGITAL**

Dalam ekosistem digital baru, produk, layanan, dan rantai nilai dasar konvensional menemukan perluasan yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam cakupannya dan peluang baru untuk memberikan nilai. Apple, Google, dan Samsung menulis ulang aturan penyampaian keuangan ritel, domain yang selama beberapa dekade didominasi oleh Visa, MasterCard, dan American Express. Masa depan perawatan kesehatan tampaknya berada di persimpangan antara farmasi tradisional dan raksasa teknologi seperti unit Verily milik Alphabet dan Watson milik IBM.

Lift, mesin cuci, dan turbin dapat memberi tahu konsumen sebelumnya saat mereka mungkin rusak; lokomotif dapat memberi tahu pengemudi tentang kecepatan optimal untuk memaksimalkan efisiensi bahan bakar; mobil dapat menemukan tempat parkir kosong; dan bel pintu dapat berfungsi ganda sebagai perangkat keamanan rumah. Sebuah perusahaan dapat memperkenalkan aplikasi telepon pintar untuk layanan tertentu atau bereksperimen dengan data besar untuk memprediksi tren pasar dengan lebih baik dan meningkatkan efisiensi alur kerja yang berlaku. Sebagian besar bank, misalnya, memiliki aplikasi telepon pintar yang menyediakan fitur-fitur baru seperti setoran cek. Demikian pula, pelanggan Domino dapat memesan pizza dengan telepon pintar, Twitter, TV pintar, atau jam tangan pintar mereka. Beberapa perusahaan telah menerima perubahan ini. Perusahaan lain, yang

masih terbiasa bersaing dalam struktur industri tradisional, perlu beradaptasi dengan ekosistem baru yang digerakkan oleh Teknologi digital baru. Akses ke pelanggan, interaksi dengan pelanggan, saluran penjualan, dan model bisnis dalam proses ini diatur ulang. Pelanggan yang pergi berbelanja setelah bekerja dapat memberikan pesanan melalui telepon seluler tanpa membuang waktu dan mendapatkan produknya di mana pun ia mau. Operasional harus mempersiapkan diri untuk proses tersebut karena konsumen dapat melakukan pencarian dari internet, mengakses informasi, mengirim uang tanpa menunggu, membeli 7/24, dan mendapatkan informasi tentang segala hal dengan cepat. Konsumen dapat mencoba produk yang mereka lihat di internet di toko dan dapat membelinya di toko yang mereka sukai di internet, dapat memperoleh informasi tentang suatu produk, dapat mengikuti operasi tersebut di media sosial. Atau mereka dapat berbelanja daring alih-alih membelinya dari toko yang mereka lihat di toko. Metode ini disebut sebagai “Omnichannel Marketing”, yang merupakan strategi pemasaran multichannel, yang operasinya menawarkan pengalaman berbelanja terpadu bagi pelanggan mereka.

Teknologi digital memungkinkan UKM untuk meningkatkan kecerdasan pasar dan mengakses pasar global serta jaringan pengetahuan dengan biaya yang relatif rendah. Digitalisasi mengurangi biaya untuk mendirikan bisnis dan mencari pekerjaan serta memungkinkan cara kerja baru. Digitalisasi juga menciptakan peluang bagi perusahaan kecil untuk berinovasi dan tumbuh lebih cepat. Big Data dan analisis data menyediakan berbagai peluang bagi UKM, memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang proses dalam perusahaan, kebutuhan klien dan mitra mereka, serta lingkungan bisnis secara keseluruhan. Transformasi digital memfasilitasi munculnya bisnis kecil yang “lahir global” dan menyediakan peluang baru bagi UKM untuk meningkatkan daya saing mereka di pasar lokal dan global, melalui inovasi produk atau layanan dan proses produksi yang lebih baik.

Lebih jauh lagi, Big Data dan analisis data menyediakan berbagai peluang bagi UKM. Penggunaan teknologi digital juga dapat memudahkan akses UKM ke keterampilan dan bakat, melalui situs rekrutmen pekerjaan yang lebih baik, outsourcing dan perekrutan tugas online, serta koneksi dengan mitra pengetahuan. Hal ini juga dapat memfasilitasi akses ke berbagai instrumen pembiayaan. Perbankan seluler dan pembayaran daring telah memberikan dampak penting pada pembiayaan UKM tradisional dan digitalisasi telah memungkinkan munculnya layanan keuangan baru, dengan solusi inovatif untuk mengatasi asimetri informasi dan kekurangan agunan. UKM juga dapat menggunakan digitalisasi untuk mendapatkan lebih banyak umpan balik dari pelanggan dan membangunkannya ke dalam proses inovasi. Salah satu keuntungan utama Transformasi Digital adalah kemungkinan memperluas bisnis fisik ke digital. Misalnya, salah satu akselerator inovasi, teknologi realitas virtual, dapat diterapkan pada pasar real estat untuk melakukan kunjungan ke properti yang sepenuhnya digital, sedangkan di bidang medis, sumber daya yang sama dapat diterapkan untuk menawarkan pelatihan bedah virtual dan studi organisme. Ada manfaat khusus bagi UKM untuk menjadi daring; mereka tumbuh lebih cepat, mengeksport lebih banyak, dan menciptakan lebih banyak lapangan kerja. Ada peluang bagi UKM untuk meningkatkan kehadiran dan penjualan daring mereka di pasar domestik dan internasional.

***Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keputusan Adopsi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) bagi UKM***

Transformasi budaya pelaku usaha dan sumber daya manusia UKM untuk digitalisasi adalah suatu keharusan. Banyak UKM yang mengalami kendala dalam transfer digital karena kurangnya personel yang berkualifikasi, sumber keuangan, pemilik UKM yang tidak peduli dengan teknologi digital dan hanya menggunakan email. Kesulitan UKM dalam adaptasi teknologi informasi dan komunikasi dijelaskan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.2.** Kendala UKM dalam adaptasi teknologi informasi dan komunikasi

<b>Faktor internal</b>	<b>Faktor eksternal</b>
Karakteristik Perusahaan: (termasuk ukuran yang lebih kecil, jenis bisnis, lamanya waktu dalam suatu komunitas) Manajemen, Perusahaan yang lebih kecil kurang mampu mengelola biaya tetap dan variabel yang terkait dengan penggunaan Internet	Faktor infrastruktur dan bisnis, Investasi yang tidak memadai dalam digitalisasi, R&D
Sikap dan Pengalaman Masa Lalu	Faktor terkait persaingan: Tekanan persaingan memberikan pengaruh positif pada adopsi teknologi
Privasi dan keamanan menjadi alasan utama mereka tidak menggunakan Internet	Peningkatan peluang finansial seperti insentif pemerintah (program dukungan transformasi digital, modal ventura, pinjaman bank)
Anggaran tidak mencukupi	Ketergantungan eksternal pada pemasok teknologi, peningkatan jumlah pemasok teknologi yang dapat mengembangkan solusi, menemukan konsultan manajemen teknologi yang andal.
Kurangnya personel yang berkualifikasi dan memahami teknologi, teknologi digital tidak dapat digunakan	Kurangnya peta jalan teknologi, rencana, ekosistem untuk Transformasi Digital (Pemasok teknologi, investor, publik, pengguna, lembaga pendidikan, pemangku kepentingan)
Ketidakmampuan memahami teknologi internet, ketidaknyamanan sektor.	Kurangnya pembagian informasi dan program edukasi yang menyediakan informasi tentang transformasi digital.
Mengalami masalah koneksi.	Kebutuhan legislatif yang timbul dari transformasi digital, menyediakan lingkungan yang andal, memfasilitasi transaksi elektronik. Memperbarui undang-undang sesuai dengan aplikasi yang berubah dengan cepat. Kurangnya kejelasan dalam peraturan tertentu, perlindungan data pribadi, arus data lintas batas, kejahatan dunia maya, tanda tangan elektronik, kekayaan intelektual, e-pemerintahan, perlindungan konsumen, keamanan produk daring, masalah pajak.

### **Evolusi Sistem Digital dan Tahapan Adopsi bagi UKM**

UKM yang terdiri dari 99,1% operasi, dan 54,5% lapangan kerja, serta menyediakan 55,1% ekspor, memegang peran penting dalam perekonomian. UKM harus mengubah struktur organisasi dan budaya pembuatan bisnis mereka mulai dari teknologi manufaktur hingga persepsi manajemen untuk mendapatkan proses transformasi digital yang produktif. Untuk melaksanakan transformasi digital dalam industri manufaktur, hal-hal yang harus diutamakan adalah meningkatkan kesadaran UKM tentang transformasi digital, meningkatkan kompetensi tenaga kerja, menyediakan dukungan teknis dan finansial bagi UKM tentang masalah tersebut, memperkuat infrastruktur komunikasi data. Fakta bahwa UKM mampu melakukan analisis biaya-manfaat teknologi digital dan menyadari teknologi tersebut adalah hal yang penting.

Hal ini diperlukan untuk operasi yang meminta untuk melakukan bisnis melalui internet, pertama-tama membuat koneksi dengan lingkungan internet (akses internet), memiliki infrastruktur teknologi, anggaran keuangan yang cukup (komputer, perangkat lunak, internet), untuk memberikan pelatihan bagi karyawan mereka. Penyedia layanan internet harus memiliki infrastruktur peralatan komputer, kapasitas modem yang memungkinkan transfer data, alamat email elektronik yang menyediakan komunikasi dengan pelanggan, situs web, perangkat lunak untuk mengembangkan model bisnis. Kebutuhan UKM dalam proses transformasi digital dapat bervariasi. Diperlukan untuk memprivatisasi konten melalui ukuran perusahaan, sektor, dan UKM. Operasi elektronik adalah operasi yang mengadopsi proses bisnis lain, seperti pasokan, manufaktur, pemasaran, penjualan, keuangan, akuntansi, sumber daya manusia ke teknologi baru. E-Commerce memerlukan beberapa perubahan khusus. Itu adalah proses bisnis dan pemasaran, struktur teknologi, produk dan layanan (penawaran), pasar (pembeli dan pemasok), hubungan (pemasok dan distributor, pelanggan, karyawan, mitra bisnis). Salah satu model paling populer yang menonjol di pemerintahan Inggris sekitar tahun 1990-an adalah konsep tangga adopsi Departemen Perdagangan dan Industri (DTI). Visi DTI adalah bahwa e-bisnis di perusahaan kecil akan berkembang dari satu tahap ke tingkat yang lebih tinggi, dalam proses berurutan yang direncanakan dengan baik. Adopsi teknologi berbasis Internet untuk e-bisnis adalah proses yang berkelanjutan, dengan langkah-langkah evolusi yang berurutan. Langkah-langkah tersebut dapat diklasifikasikan dalam enam fase:

- (1) E-mail,
- (2) Kehadiran di web,
- (3) E-commerce,
- (4) E-business,
- (5) Organisasi yang terhubung,
- (6) Ekosistem bisnis digital.

*Fase pertama (E-mail)* (pengguna awal dimulai pada tahun 1986): Langkah adopsi pertama didasarkan pada penggunaan Internet untuk bertukar e-mail dan pesan. Terhubung ke Internet dengan e-mail tetapi tidak ada situs Web. Adopsi ini tidak menyiratkan perubahan budaya.

*Fase kedua (Kehadiran di web)* (mulai tahun 1993): Fase kedua menyaksikan penyebaran kehadiran elektronik, biasanya melalui situs Web statis. Sebenarnya, situs web tersebut, "hilang di dunia maya", tidak dikunjungi oleh klien target, dan "penyebaran" situs web tersebut yang tidak dapat dihindari menyebabkan efektivitas terbatas di dunia maya, yang sebagian diselesaikan dengan pembentukan portal e-marketplace vertikal, tematik atau regional dan mesin pencari yang efisien. Situs web perusahaan merupakan alat utama untuk memasarkan produk dan layanan organisasi ke dunia luar. Rata-rata, di seluruh Uni Eropa (UE), hanya 67% UKM yang memiliki akses ke Internet. Di beberapa Negara Anggota, angka ini bahkan lebih rendah dari tingkat penetrasi Internet di antara rumah tangga. Dari mereka yang terhubung, mayoritas menggunakan Internet hanya untuk keperluan informasi. Hanya 44% dari mereka yang memiliki situs web sendiri, tetapi perbedaan antara perusahaan besar dan UKM serta antarwilayah relevan. Memiliki situs web sendiri di 80% perusahaan besar; 6% UKM Spanyol, 9% UKM Italia, tetapi 67% UKM Finlandia dan 65% UKM Jerman.

*Tahap ketiga (E-commerce)* (mulai tahun 1996): Ketika akhirnya teknologi memungkinkan penggunaan Internet untuk melakukan transisi ekonomi secara daring antara perusahaan dan konsumen (B2C) atau antara perusahaan dan pemasok, atau secara internal di dalam perusahaan yang sama (B2B) e-commerce dimulai, yang memungkinkan perusahaan melakukan pembelian, penjualan, lelang elektronik, pembayaran elektronik. Tahap ini membawa interaksi yang lebih dekat karena pelanggan dan pemasok bekerja sama secara daring dan karena vendor menyesuaikan konten untuk pengguna mereka. Bahkan di Negara Anggota yang paling maju, hanya sebagian kecil UKM yang menggunakan Internet untuk transaksi komersial dan dapat menangani transaksi secara elektronik.

Dengan latar belakang pertumbuhan bisnis elektronik yang eksplosif di seluruh dunia, terutama di AS, angka-angka ini merupakan tanda-tanda yang mengkhawatirkan bahwa UKM Eropa belum sepenuhnya berkomitmen pada Internet. OECD memperkirakan bahwa nilai transaksi Internet berlipat ganda setiap 12-18 bulan. Oleh karena itu, UKM Eropa berisiko kehilangan peluang ekonomi yang penting. Alat yang digunakan dalam e-commerce; telepon, faks, televisi, sistem pembayaran dan transfer uang elektronik, pertukaran data elektronik, internet, intranet, WAP. Definisi Perdagangan Elektronik:

- WTO: Ini adalah manufaktur, periklanan, penjualan, dan distribusi barang dan jasa melalui jaringan telekomunikasi.
- OECD: Ini adalah semua transaksi komersial yang didasarkan pada pemrosesan dan transfer teks tertulis numerik, suara, atau video mengenai individu dan lembaga.

*Fase keempat (E-bisnis)* (mulai 1999): Teknologi internet telah berkembang jauh melampaui sekadar sarana transaksi elektronik yang menjadi fondasi bagi aplikasi yang terhubung dengan sistem bisnis inti, memodifikasi metode dan proses kerja internal serta budaya dan organisasi internal. Teknologi e-bisnis memungkinkan perusahaan untuk terhubung secara langsung dengan klien, pemasok, dan mitra bisnis secara efektif. Koneksi tersebut baru-baru ini dipermudah dengan munculnya teknik dan standar interoperabilitas baru (seperti XML, ebXML). Jaringan bisnis ini memodifikasi metode kerja internal yang mengaktifkan model baru transfer informasi dan kerja sama.

Mereka adalah operasi yang melakukan semua aktivitas mereka melalui internet. Operasi virtual adalah operasi yang ada di internet. Secara fisik memiliki gedung, karyawan, gudang, tempat produksi, dan lain-lain berbeda dalam operasi virtual. Produktivitas sangat penting untuk pekerjaan elektronik, e-commerce dengan semua prosesnya. Model e-bisnis secara substansial mengubah bidang-bidang seperti pengambilan pesanan, pemenuhan pesanan, penyimpanan, hubungan pelanggan setelah penjualan dari manajemen tradisional; menghadirkan inovasi baru terkait kecepatan, kualitas, keunggulan biaya, kepuasan pelanggan. Komunikasi langsung dapat dilakukan dengan pasar konsumen dan industri, aplikasi, seperti manufaktur pribadi, pemasaran langsung, manajemen hubungan pelanggan elektronik sedang dikerjakan.

Peningkatan produktivitas baru-baru ini karena teknologi baru, awalnya telah terjadi, di organisasi-organisasi Amerika Utara, dengan perluasan penggunaan Internet dari perdagangan sederhana ke semua operasi bisnis mereka, menciptakan proses operasional baru juga. Ada kemungkinan peningkatan produktivitas dan kualitas dalam semua aktivitas bisnis: dari pemasaran hingga penjualan, dari hubungan pelanggan hingga logistik dan manajemen operasi, dari pendidikan hingga pelatihan dan manajemen pengetahuan. Contoh aplikasi dan infrastruktur berbasis Internet meliputi: sistem untuk e-commerce, e-procurement, Supply Chain Management, Customer Relationship Management, Enterprise Resource Planning, logistik, perencanaan, manajemen pengetahuan, intelijen bisnis, e-training. Contoh proses kerja yang inovatif adalah pusat panggilan pelanggan, Intranet yang menghubungkan mitra bisnis, gudang data yang meningkatkan hubungan pelanggan.

*Tahap kelima (Organisasi Jaringan):* Eksploitasi intensif sistem e-bisnis secara bertahap mengubah cara perusahaan dan pasar diorganisasikan. Sistem digital memungkinkan pemisahan operasi yang lebih mudah, hanya mempertahankan yang penting bagi posisi pasar. Transformasi membawa tantangan tambahan yang melibatkan organisasi, pelatihan staf, dan mencakup pengalihdayaan operasi non-inti, perubahan dalam proses dan sistem, dan memperhatikan pertimbangan hukum dan audit. Organisasi mencapai integrasi yang erat dengan organisasi lain baik di dalam maupun di luar industri mereka sendiri. Batas baru adalah, kemudian, menggabungkan genetika organisasi dengan solusi TI canggih dengan cara yang unik dan inventif. Genetika organisasi adalah aset tak berwujud yang menentukan karakter dasar suatu bisnis; itu memengaruhi inovasi yang menjadi komitmen orang-orang

*Fase keenam (Ekosistem Bisnis Digital):* Ekosistem Digital sebagai lingkungan kolaboratif yang terhubung secara longgar (sebagai hubungan terbuka yang terikat bebas antara para peserta), yang digerakkan oleh permintaan, di mana setiap spesies digital proaktif dan responsif untuk keuntungan atau labanya sendiri". Dengan diperkenalkannya Internet dan peningkatan konektivitas, "Ekosistem Bisnis Digital" telah diperkenalkan sebagai evolusi dari model ini. Ekosistem Digital dipandang memiliki empat properti: 'Interaksi dan keterlibatan', 'Keseimbangan', 'Domain berkelompok dan terhubung secara longgar' dan 'Pengorganisasian diri'. Akibatnya, Ekosistem Digital dalam arti yang paling murni membutuhkan infrastruktur digital yang mengatur diri sendiri yang ditujukan untuk menciptakan lingkungan digital bagi organisasi yang berjejaring. Lebih jauh, ia harus mendukung interaksi bisnis yang terhubung

secara longgar di antara mereka, sambil menjaga stabilitas dan keberlanjutan lingkungan yang dinamis ini. Berbeda dengan model konvensional (client-server, Peer-to-Peer atau arsitektur berorientasi layanan terpusat), visi kami tentang Ekosistem Digital adalah komunitas terbuka tanpa kontrol terpusat. Ekosistem digital adalah infrastruktur teknis, berdasarkan teknologi perangkat lunak terdistribusi P2P yang mengangkut, menemukan, dan menghubungkan layanan dan informasi melalui tautan Internet yang memungkinkan transaksi jaringan, dan distribusi semua 'objek' digital yang ada dalam infrastruktur. Ekosistem digital memperkuat rantai nilai tradisional dan struktur industri karena teknologi digital baru. Misalnya, ada komputer, telepon pintar, platform media sosial dan aturan penjualan eceran yang direformasi. Di sektor keuangan, kartu, seperti Visa, Master Card dan American Express disajikan; di sektor kesehatan, rontgen dapat dimiliki di negara lain. Singkatnya, produk tradisional, layanan, dan rantai nilai dasar menemukan yang tak terlihat sebelumnya dan ruang lingkup nilai yang disajikan diperluas.

Bagaimana operasi yang dimaksudkan untuk mewujudkan transformasi digital mengetahui tahap transformasi digital yang sedang mereka jalani? Operasi yang membuat situs web atau aktif di media sosial tidaklah cukup. Apa yang seharusnya dilakukan untuk transformasi digital? Tahapan mana yang harus diwujudkan? Apakah ada peta jalan yang membantu mereka? Apa saja hambatan dalam transformasi digital yang dapat mereka hadapi? Apa yang dapat dilakukan UKM? Apa yang dapat dilakukan operasi besar? Bagaimana perusahaan dapat menjadi digital? Untuk melakukan transformasi digital;

1. Manajemen senior harus meminta transformasi digital berbasis data, untuk menentukan siapa yang akan bertanggung jawab atas apa.
2. Penerapan "budaya belajar" dalam suatu operasi sangat penting untuk transformasi digital operasi. Diperlukan karyawan yang terampil, untuk mendidik karyawan saat ini, untuk membuat inventaris kemampuan dan keterampilan yang dibutuhkan, dan untuk mendeteksi kesenjangan. Perekrutan orang yang memiliki keterampilan digital harus dipertimbangkan.
3. Pertemuan karyawan dengan rekan-rekan mereka dari departemen lain, kerja sama lintas bidang, dan berbagi ide dapat mempercepat transformasi digital berorientasi data.
4. Untuk menjadi perusahaan berorientasi data, diperlukan deteksi akurat masalah utama dan menemukan solusi berorientasi data untuk masalah tersebut melalui prioritasnya.
5. Untuk mewujudkan transformasi digital, mungkin ada baiknya berkonsultasi dengan perusahaan yang memiliki keahlian di bidang ini, dan untuk mendapatkan layanan konsultasi.
6. Perusahaan yang meminta transformasi digital harus didukung oleh pemerintah.

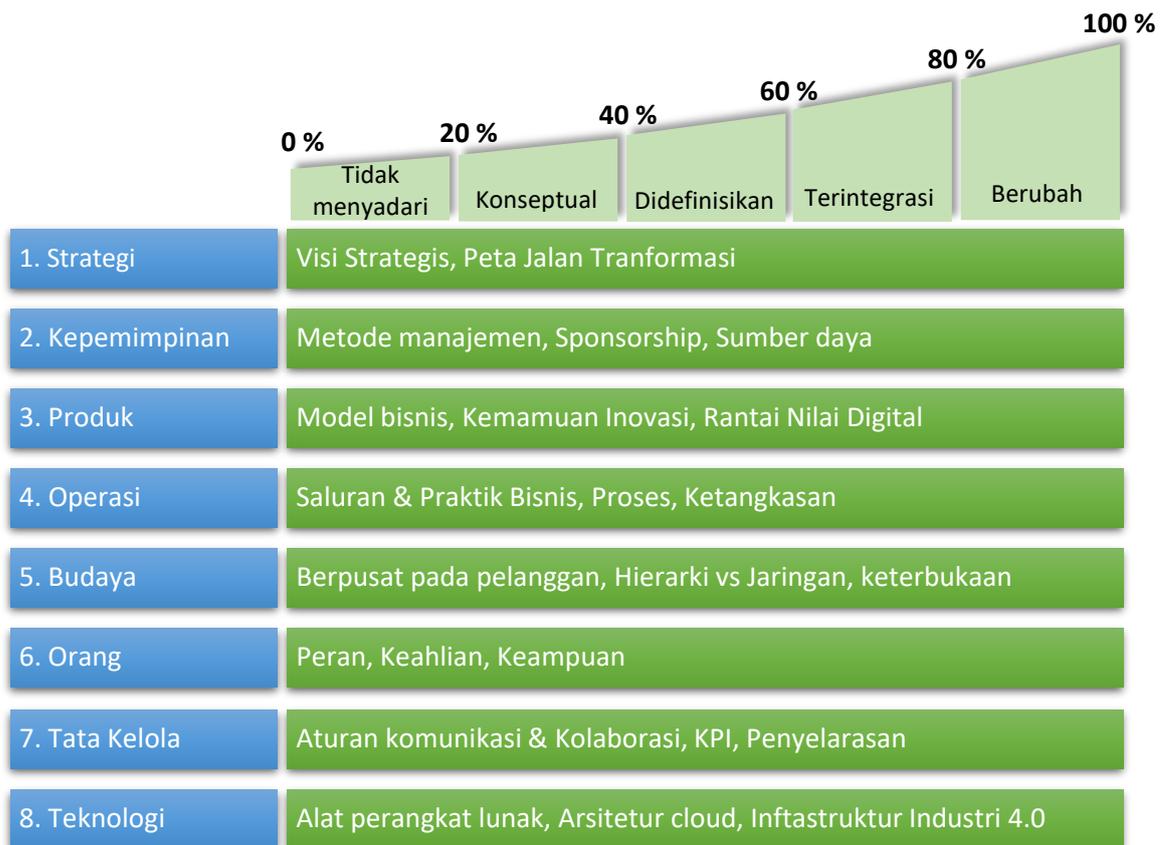
Proses digitalisasi meluas ke tiga area tambahan: Organisasi & Budaya Digital, Operasi Digital, dan Produk & Layanan Digital. Proses ini kemudian berakhir pada pelanggan dengan meningkatkan tingkat layanan dan Pengalaman Pelanggan Digital untuk mengenal mereka lebih baik. Para eksekutif yang mendefinisikan visi, misi, perencanaan, dan tujuan digital

organisasi mereka perlu mempromosikan manajer dan karyawan digital. Manajemen Operasi Digital adalah tempat sistem transaksional menawarkan manajer pengetahuan yang lebih dalam tentang produk, wilayah, dan konsumen tertentu, yang memungkinkan keputusan diambil berdasarkan data aktual dan bukan pada asumsi. Beberapa hal penting harus terjadi untuk mencapai transformasi digital sebagai bagian dari Operasi Digital. Solusi digital canggih, didukung oleh big data (BD), cloud computing (CC), dll. dan didukung oleh internet of things (IoT) atau teknologi sensor (ST), dll., dapat memperluas proses rantai pasokan dalam berbagai cara. Misalnya, BD dapat membantu logistik masuk berjalan lebih lancar dengan melacak pergerakan barang dan jasa; CC dapat berguna dalam menciptakan platform pemrosesan bisnis yang seragam; dan teknologi seluler dapat mendukung orang untuk melakukan pekerjaan mereka di mana saja, kapan saja, dan pada perangkat apa pun. Layanan atau produk digital dijalin ke dalam ekosistem layanan dan produk lain agar lebih layak. Dengan demikian, layanan dan produk mencakup layanan dan pengalaman merek yang lebih luas. Pengalaman Pelanggan Digital meliputi: eksplorasi media sosial dalam memahami ketidakpuasan dan kepuasan pelanggan, penggunaan media digital untuk promosi merek, pembangunan komunitas daring untuk membangun loyalitas dengan klien, pembuatan produk yang meningkatkan pencitraan merek dalam komunitas gaya hidup, penataan kemampuan analitis untuk mengenal pelanggan lebih detail, penggunaan teknologi untuk meningkatkan komunikasi penjualan langsung, integrasi data pembelian pelanggan untuk menawarkan layanan penjualan dan pelanggan yang lebih baik dan personal, dll.

*Computer Aided Design (CAD)*, penggunaan teknologi komputer untuk mendesain komponen berdasarkan berbagai kriteria dikembangkan secara bertahap seiring dengan permintaan *Computer-Aided Manufacturing (CAM)*, saluran untuk mengubah model virtual menjadi produk fisik dengan menggunakan mesin NC. Kemudian pengembangan *Computer Integrated Manufacturing (CIM)* untuk mengendalikan proses produksi melalui komunikasi data dan otomatisasi dengan bantuan robot menemukan penerapannya dalam industri otomotif dan kedirgantaraan. Lebih jauh, integrasi *Total Quality Management (TQM)*, *Just in Time (JIT) Manufacturing*, *Concurrent Engineering (CE)*, *Lean Manufacturing (LM)* dan ilmu teknik dengan CIM menciptakan revolusi di sektor manufaktur. Selain itu, perkembangan pesat dalam sains dan teknologi, tren pasar, dan permintaan untuk produk yang disesuaikan mengubah manufaktur terintegrasi komputer menjadi manufaktur digital. Teknologi manufaktur digital mengurangi waktu ke pasar, biaya, dan meningkatkan efisiensi produk dan proses dengan menganalisis data untuk desain yang optimal bahkan sebelum dibangun. Desain dan manufaktur berbasis cloud (CBDM), model pengembangan produk jaringan berorientasi layanan yang disesuaikan juga dianggap sebagai teknologi baru yang akan merevolusi inovasi desain dan manufaktur digital dengan bantuan sistem siber-fisik (CPS), internet of things (IoT), dan big data. CPS sangat penting dalam desain dan pengembangan sistem CBDM masa depan yang mencakup integritas sistem, keamanan data, kekayaan intelektual, dan privasi. IoT memungkinkan teknologi untuk meningkatkan otomatisasi manufaktur, manajemen rantai pasokan, pemeliharaan jarak jauh, dan diagnostik dalam sistem CBDM masa depan. Big data membantu desainer untuk mendapatkan kebutuhan

pelanggan yang menentukan dari data yang ada untuk meningkatkan dan mengembangkan desain.

Digitalisasi membutuhkan perubahan radikal tidak hanya dalam hal strategi, tetapi juga dalam hal budaya dalam perusahaan. Model kematangan untuk transformasi digital yang secara jelas menggambarkan kedalaman digitalisasi yang beraneka ragam. Model kematangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, terdiri dari delapan dimensi digitalisasi, yaitu strategi, kepemimpinan, produk, operasi, budaya, orang, tata kelola, dan teknologi. Tingkat pertama, "tidak sadar", menggambarkan perusahaan yang tidak memiliki strategi untuk transformasi digital, juga tidak memiliki kompetensi digital yang tersedia. Perusahaan-perusahaan ini belum menawarkan produk atau layanan digital apa pun, dan tidak memiliki kesadaran organisasi secara menyeluruh akan perlunya transformasi digital. Perusahaan yang diklasifikasikan berdasarkan tingkat "konseptual", adalah perusahaan yang menawarkan beberapa produk digital, tetapi masih belum memiliki strategi digital. Perusahaan dengan tingkat digitalisasi yang "terdefinisi", adalah perusahaan yang mampu mengonsolidasikan pengalaman yang diperoleh dari implementasi percontohan menjadi strategi parsial. Pada tahap ini, budaya berpikir digital mulai mengakar di perusahaan. Profitabilitas dari strategi parsial ini dan dampak dari implementasi percontohan dinilai dan digunakan untuk mengembangkan strategi digital secara menyeluruh. Pada titik ini, ketika strategi digital yang jelas dikembangkan, perusahaan tersebut masuk ke tingkat kematangan "terintegrasi". Hanya setelah strategi ini diimplementasikan di semua produk dan proses bisnis, perusahaan dapat diklasifikasikan sebagai "bertransformasi". Strategi digital yang sekarang telah ditetapkan akan mengubah model bisnis dan operasi perusahaan. Meskipun model kematangan menyediakan cara yang baik bagi perusahaan untuk mengklasifikasikan diri mereka ke dalam kategori kematangan digital, model ini tidak memberikan panduan untuk meningkatkan tingkat kematangan.



**Gambar 2.1. Delapan dimensi digitalisasi**

Warner dan Wager (2019) meneliti dan bertanya “Bagaimana perusahaan lama di industri tradisional membangun kapabilitas dinamis untuk transformasi digital?”. Dalam penelitian mereka, mereka melakukan wawancara dengan mitra senior konsultan strategi dan meneliti transformasi digital perusahaan lama. Temuan mereka menekankan bahwa transformasi digital sejati merupakan proses berkelanjutan dalam penggunaan teknologi digital dalam kehidupan organisasi sehari-hari. Mereka menemukan teknologi digital baru seperti blockchain, cloud, dan platform IoT mengubah sifat kapabilitas dinamis karena organisasi kini dapat meningkatkan atau menurunkan skala operasi mereka dengan kecepatan, kemudahan, dan biaya yang tidak mungkin dilakukan satu dekade lalu. Kedua, konvergensi dan generativitas teknologi digital yang meluas ini berarti bahwa tujuan membangun kapabilitas dinamis kini menjadi yang terpenting bagi berbagai organisasi. Temuan mereka tentang kemampuan transformasi digital menekankan perlunya Teknologi digital yang memberikan respons cepat terhadap perubahan teknologi dan pasar. Westerman dkk. (2014) menjelaskan bahwa teknologi digital telah mendorong lima pola dasar luas penemuan kembali model bisnis: (1) penemuan kembali industri (misalnya, perombakan struktur industri Uber); (2) penggantian produk dan layanan (misalnya, penggantian buku fisik Kindle oleh Amazon); (3) penciptaan bisnis digital baru (misalnya, konektivitas Nike+ Sensor ke perangkat Apple); (4) konfigurasi ulang model pengiriman nilai (misalnya, penyematan artefak digital Volvo ke dalam mobil); dan (5) pemikiran ulang proposisi nilai (misalnya,

kemajuan penggunaan analitik data Entravision untuk menargetkan kebutuhan pelanggan yang belum terpenuhi)

### **Dampak Transformasi Digital dalam Pemasaran terhadap Produktivitas**

Operasional yang cenderung mengarah ke pemasaran daring dapat memberikan pertumbuhan produktivitas dalam produk, harga, distribusi, bauran promosi ketika mereka menyusun program pemasaran mereka (4P). Yaitu; riset pasar lebih mudah dan dilakukan dengan biaya rendah, mereka dapat secara spontan mempelajari produk mana yang diminati pelanggan yang mengunjungi situs web mereka, mana yang mereka beli atau tidak. Operasi yang cenderung mengarah ke pemasaran daring dapat mengglobal dengan menemukan peluang untuk memperluas pasar mereka secara geografis, dapat bekerja 7/24, dapat mempelajari permintaan pribadi pelanggan mereka dalam waktu singkat dan dapat menyajikan konten substansial seperti produk dan layanan pribadi, desain, video, grafik, dan animasi.

Perolehan dan pemrosesan informasi pelanggan dan manajemen hubungan pelanggan dapat dilakukan dengan mudah karena perangkat lunak. Informasi produk, harga dapat diperbarui dengan cepat sesuai dengan perubahan kondisi. Lingkungan internet dapat memastikan kesetaraan peluang bagi perusahaan skala kecil seperti perusahaan skala besar.

#### *Pengembangan Produk dalam Internet dan Produktivitas*

Dapat mengatur desain berdasarkan permintaan pelanggan, dapat memastikan penghematan waktu selama proses transformasi produk yang dirancang menjadi produk komersial, biaya yang tidak perlu dapat dicegah. Biaya marginal penyimpanan dan distribusi produk digital dalam praktiknya adalah nol. Hal ini menghasilkan beberapa strategi harga yang menarik. Misalnya, mereka menggunakan produktivitas web yang memungkinkan pengunduhan gratis album grup rock reformis dari Oxford, Inggris. Karena situs belanja tidak dirancang untuk pelanggan asing, beberapa masalah dapat muncul, meskipun situs tersebut menarik pelanggan. Layanan pelanggan dapat mengalami masalah ketika pelanggan tinggal di negara-negara yang berada dalam zona waktu yang berbeda. Misalnya, perusahaan X yang merupakan perusahaan skala kecil dan berpusat di New York, menjual perangkat lunak kantor dan email untuk keanggotaan. Ketika pesanan mulai datang dari luar New York, direktur X menghadapi kebutuhan pengiriman tepat waktu, solusi untuk ini menghabiskan biaya puluhan ribu dolar dan menambah jam kerja.

#### *Penetapan Harga di Internet dan Produktivitas:*

Karena hilangnya mediator, penurunan biaya personel, ventilasi, pencahayaan, dll. dalam penetapan harga di internet, harga pun berkurang. Iklan internet menurunkan biaya. Situs web belanja komparatif memudahkan untuk mengontrol dan membandingkan harga produk dan layanan.

#### *Distribusi di Internet dan Produktivitas*

Produsen dapat langsung menjangkau konsumen karena internet. Jenis mediator pun berubah. Mekanisme mediator baru, seperti sistem pesanan otomatis, robot pembelian, mesin pencari pun bermunculan. Integrasi antara pemasok dan produsen menjadi mungkin dan dengan demikian biaya stok dapat dikurangi.

### *Promosi di Internet dan Produktivitas*

Banyak operasi yang menggunakan setiap faktor (produk, harga, distribusi, promosi) bauran pemasaran dalam upaya mereka terkait bauran promosi, mengintegrasikannya dengan iklan, penjualan pribadi, hubungan masyarakat, pengembangan penjualan, pemasaran langsung, sponsorship, dan komunikasi pemasaran yang lebih efektif, diterima sebagai “Komunikasi pemasaran terpadu”. Dalam beberapa tahun terakhir, faktor komunikasi lainnya, seperti pameran, partisipasi dalam pameran, sponsor, glokalisasi, penempatan produk, komunikasi dari mulut ke mulut (WOM), pemasaran viral, pemasaran seluler, manajemen dan pemosisian merek, pemasaran berbasis data, CRM, duta merek menjadi bagian dari faktor bauran promosi dan pesan yang terkoordinasi dan koheren, tidak kontras tetapi mendukung efek satu sama lain diberikan kepada konsumen. Dalam literatur, nama bauran ini adalah Komunikasi Pemasaran Terpadu (IMC)”. Komunikasi cepat terwujud dengan biaya rendah. Ada interaksi timbal balik dengan pelanggan; biaya dikurangi dengan katalog online, brosur; pengembalian cepat dimungkinkan untuk keluhan pelanggan. Oleh karena itu, kehilangan pelanggan berkurang. Karena biaya operasi berkurang, kualitas layanan yang disajikan meningkat. Manfaat menggunakan iklan sebagai bauran promosi di internet dalam hal operasi adalah;

- Dapat diukur (Fakta bahwa berapa banyak orang menonton iklan, tertarik pada iklan dan mengunjungi situs web, struktur demografi massa yang tertarik pada iklan, tingkat konversi iklan dapat diukur.)
- Biayanya rendah dibandingkan dengan TV, surat kabar, radio.
- Multicast dapat dilakukan dalam satu waktu, dapat menjangkau massa yang menjadi target di seluruh dunia, nyaman dan cepat.
- Dapat ditargetkan pada individu berpendidikan tinggi yang juga berpenghasilan tinggi 24 jam/365 hari
- Fleksibel dan kontennya dapat diubah dengan intervensi cepat.
- Penggunaan teks, audio, grafik dan animasi, Singkatnya; interaktif, terukur, ekonomis, nyaman, cepat dan fleksibel.

Dalam pemasaran langsung, penjualan tatap muka, penjualan melalui surat, telemarketing, penjualan melalui telepon, penjualan melalui katalog sebelumnya digunakan, saat ini, data menjadi penting dalam pemasaran langsung dengan menggunakan internet, perangkat seluler, dan sarana elektronik lainnya berkat kemajuan teknologi.

Saat ini, kios, situs web, dan perangkat seluler juga digunakan. Penggunaan komunikasi semacam itu karena keterukurannya. Berkat basis data, operasi dapat mengkategorikan pasar sasaran dan bagian informasi dan setiap bagian pasar dapat diakses dengan pesan yang tepat pada waktu yang tepat, di tempat yang tepat dan mereka dapat membedakan diri dari para pesaingnya.

Salah satu perubahan terpenting dalam interaksi manusia adalah penyebaran cepat jaringan sosial daring dan platform berbasis web. Hubungan sosial kehidupan nyata dibawa ke dunia viral, komunitas yang mengumpulkan orang-orang menyadari keberadaannya secara daring. Individu berbagi informasi dan bersenang-senang di dunia digital. Dari sudut pandang

konsumen, teknologi komunikasi menghadirkan banyak penawaran, seperti produktivitas, kemudahan, pilihan di bidang yang lebih luas, harga yang kompetitif, pengurangan biaya, dan variasi produk. Individu dapat membuat keputusan dengan mencari pandangan orang lain mengenai produk tertentu melalui jaringan sosial daring. Fakta bahwa perusahaan aktif di media sosial bergantung pada minat konsumen terhadap media sosial. Pada tahun-tahun sebelumnya, ketika perusahaan menggunakan sarana komunikasi seperti email, pemasaran langsung, telemarketing, situs web informatif, televisi, radio, sarana komunikasi saat ini sudah beragam. Media sosial digital meningkatkan produktivitas penjualan, riset pasar, dan hubungan pelanggan perusahaan. Ilmuwan menyatakan bahwa web dapat membantu dalam membangun merek, komunikasi dari mulut ke mulut, pemasaran yang menarik di antara konsumen. Internet mampu meningkatkan kinerja umum perusahaan dengan menerapkan strategi pemasaran.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Pemasaran Seluler**

Menurut Laporan “Digital in 2018”, 54,3 juta dari 82 juta penduduk negara tersebut menggunakan internet di Turki. Penggunaan telepon seluler adalah 98%, telepon pintar adalah 77%, komputer adalah 48%. Jumlah pengguna internet seluler adalah 51,5 juta. Jumlah pengguna media sosial aktif adalah sekitar 51 juta. Jumlah pengguna telepon seluler mencapai 59 juta yang terdiri dari 73% populasi. Pemasaran seluler adalah melakukan aktivitas pemasaran mengenai operasi, produk, layanan, ide, tindakan dan orang-orang yang menjangkau pelanggan atau calon pelanggan melalui telepon seluler, telepon pintar, tablet, dll. Sebagai hasil dari peningkatan penggunaan perangkat pintar, operasi mendesain situs web mereka sesuai dengan telepon pintar. Aplikasi seluler, SMS, MMS, pesan video, pemasaran berbasis lokasi, kode QR, kupon seluler, kampanye dan iklan seluler digunakan sebagai sarana pemasaran seluler. Keuntungan dari pemasaran seluler adalah dapat menjangkau konsumen dengan cepat dan tepat waktu. Biayanya rendah, manfaatnya terukur, dapat dipersonalisasi, inovatif, lebih efisien daripada cara tradisional, dan komunikasi bersifat dua arah. Komunikasi seluler dapat dilakukan kapan saja karena konsumen membawa ponsel pintar ke mana pun mereka pergi.

Generasi baru yang selalu online dan berhubungan berbagi segalanya dengan #tagar melalui media sosial. Oleh karena itu, penting bagi operasi untuk mengelola konten secara strategis agar dapat bertemu dengan pelanggan dan, oleh karena itu, digitalisasi menjadi penting. Operasi menyediakan hadiah bagi pelanggan mereka karena postingan dan tagar yang indah di media sosial, dengan demikian, mereka menciptakan pelanggan yang loyal. Pesan eksklusif dan personal dapat disajikan untuk pelanggan. Iklan, kampanye, pengumuman, panduan pengguna, deskripsi dapat dengan cepat menjangkau pelanggan dan operasi dapat mengurangi biaya mereka dengan menggunakan kode QR.

Iklan seluler menggambarkan penggunaan ponsel dalam operasi barang dan jasa mereka. Pengguna telepon pintar dapat mengakses internet melalui Wi-fi. Penyedia layanan telepon seluler dapat mengaktifkan koneksi melalui 3G, 4G. Lokasi geografis pengguna yang tepat dapat dideteksi oleh telepon pintar yang dilengkapi dengan Sistem Pemosisian Global (GPS). Fitur ini menciptakan peluang baru untuk pemasaran berbasis lokasi. Kampanye dan

presentasi yang tepat dapat disediakan untuk minat pengguna. Pesan singkat yang dipersonalisasi dapat dikirim seperti di lokasi tertentu seperti toko, hotel, restoran. Misalnya, di Finlandia, pengguna telepon seluler ditawarkan untuk membeli burger keju seharga 1 euro dari McDonalds dengan kampanye yang berlaku dalam jarak 5 km. Hasilnya adalah tingkat keberhasilan 7%. 39% dari pengguna ini mencari lokasi McDonalds terdekat dengan berjalan kaki atau melalui darat. Bluetooth, teknologi komunikasi seluler lainnya, memiliki keunggulan yang menghabiskan lebih sedikit daya daripada Wi-fi. Banyak orang menggunakan bluetooth dengan tujuan mentransfer foto dari telepon ke komputer. Bluetooth bekerja dalam jarak yang lebih pendek. Teknologi Bluetooth sudah ada di mobil, kulkas, oven microwave.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Media Sosial**

Media sosial, yang merupakan media berbasis konsumen, adalah konten daring yang dibuat oleh pengguna. Media sosial adalah media elektronik yang memungkinkan orang-orang yang memiliki minat tertentu untuk bergabung dengan jejaring sosial. Jejaring sosial tersebut meliputi Facebook, Instagram, LinkedIn, blog dan blog mikro, Twitter, Flickr, video, papan pengumuman, forum daring, dan saluran sosial lainnya. Media sosial pertama-tama memberikan peningkatan pengenalan merek dan membuat komunikasi antarteman dengan pelanggan dan calon pelanggan potensial. Operasi dapat selalu daring dan berinteraksi dengan pelanggan mereka melalui media sosial. Sangat penting bagi mereka untuk mampu menggunakan teknologi baru, mengelola konten. Pelanggan membagikan berita tentang operasi dengan #(tagar).

Proyek dan kampanye yang dilakukan secara strategis pada waktu tertentu merupakan salah satu cara terpenting untuk mendukung penjualan daring. Vlogger, merupakan singkatan dari kata video-logger, yang berarti seseorang yang membuat video di internet. Selain itu, vlogger melakukan hal yang sama seperti yang dilakukan oleh blogger. Mereka membuat konten dengan merekam video di depan kamera alih-alih menulis konten blog. Hal ini menarik perhatian karena perusahaan Procter&Gamble, untuk produk pembersih cepatnya “Swiffer”, meminta video pendek dari konsumen mereka yang menjelaskan bagaimana mereka menghentikan metode pembersihan kuno dan 10 video terbaik diunggah di Youtube dan dipilih oleh konsumen.

Ekspresi melalui konten visual dan terutama melalui video akan menyebar luas. Menjadi anggota Youtube melalui alamat email, membuka saluran, berbagi konten pada topik yang dibuat, dan mendapatkan iklan dari operasi saat disukai dan jumlah pelanggan meningkat. Orang yang secara teratur mengunggah video dalam tema tertentu disebut sebagai “Youtuber”.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Pemasaran Viral**

Pemasaran viral adalah cara komunikasi dari mulut ke mulut melalui internet yang merupakan platform terbaru. Pemasaran dari mulut ke mulut mendorong konsumen untuk menyebarkan barang, jasa, atau informasi audio, video, atau tertulis secara daring kepada konsumen lain. Konten yang dibuat oleh pengguna dibagikan di situs web, seperti Youtube, Vimeo, Google Video. Jumlah total orang yang dijangkau meningkat karena pesan tersebut menciptakan efek bola salju yang berpindah dari konsumen ke konsumen lainnya.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Duta Merek**

Duta Merek adalah orang yang mewakili merek, barang, jasa, atau aktivitas operasi yang berbicara atas nama merek, mencoba menciptakan citra yang dapat diandalkan, membela merek. Konsumen yang memiliki loyalitas merek yang tinggi, selebriti, karyawan dapat menjadi duta merek. Ia dapat memberikan saran dan menyampaikan pengalamannya tentang produk kepada para pengikutnya melalui media sosial, selain lingkaran dekat teman dan keluarganya, karena pemikiran duta merek dapat dipercaya.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Manajemen Hubungan Pelanggan (CRM)**

Ini adalah strategi manajemen operasi yang bertujuan untuk memberikan kepuasan pelanggan dalam hubungan mereka dengan pelanggan (memenuhi harapan pelanggan), untuk memiliki hubungan strategis dengan pelanggan di bawah nilai seumur hidup pelanggan dan untuk mengelola hubungan dan mendapatkan manfaat dari teknologi yang melakukan hal itu. CRM adalah pendekatan untuk memahami dan memengaruhi perilaku pelanggan melalui komunikasi yang tepat untuk mendapatkan pelanggan baru, untuk memastikan retensi klien, untuk mengembangkan loyalitas dan profitabilitas pelanggan.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Pemasaran Basis Data**

Nama, alamat email, preferensi, proses pembelian pelanggan dicatat dengan izin, pelanggan diberi tahu ketika produk baru tiba, undangan dikirim untuk acara khusus dan data digunakan agar pelanggan merasa istimewa, untuk mengembangkan hubungan dengan pelanggan. Pemasaran basis data diuntungkan dalam manajemen hubungan pelanggan yang efektif.

### **Pertumbuhan Produktivitas dengan Omnichannel**

Pemasaran Omnichannel adalah sistem yang memungkinkan konsumen untuk menjangkau produk yang ingin mereka beli, dari telepon pintar, katalog, telepon seluler, saluran pemasaran yang berbeda. Konsumen dapat mencoba produk di toko yang mereka lihat di situs web, dapat membeli di toko yang mereka sukai di internet, dapat memperoleh informasi tentang produk melalui telepon, dapat mengikuti operasi di media sosial. Atau mereka dapat memesan produk yang mereka lihat di toko melalui internet alih-alih membeli di toko. Ketika merek berinvestasi dalam isu-isu tentang pencarian penjualan di toko mereka, mencari komentar produk, pembayaran seluler, ini membuat pelanggan datang lebih sering dan menghabiskan lebih banyak waktu di toko mereka. Pelanggan tidak hanya menggunakan aplikasi seluler untuk membandingkan harga dan barang, mereka juga menggunakan sarana digital di dalam toko untuk memeriksa harga dan meninjau katalog. Teknologi, seperti opsi pembayaran yang sederhana dan cepat, penghematan kartu dalam aplikasi seluler, dukungan pembayaran tanpa koneksi mendukung pengguna seluler untuk berbelanja dari saluran yang mereka rasa nyaman. Ada beberapa perbedaan antara pemasaran omnichannel dan pemasaran multichannel. Pemasaran omnichannel berfokus pada penyampaian pengalaman yang konsisten dan personal bagi pembeli di semua saluran dan perangkat. Pemasaran multichannel mencakup beberapa saluran yang berbeda, seperti sosial, seluler, surat langsung, dan lokasi fisik.

### **Kendala dan Risiko dalam Transformasi Digital dan Tindakan yang Harus Diambil**

Kendala dalam penerapan transformasi digital adalah kekurangan anggaran UKM, ketidakmungkinan investasi karena tingginya investasi dan biaya operasional (kekurangan dana), ketidakmampuan memahami teknologi internet, ketidaknyamanan sektor, keamanan data, masalah privasi, perkembangan teknologi, informasi yang tidak memadai mengenai standar digital, keterampilan dan keahlian TIK, tidak menyadari manfaat digitalisasi, memiliki masalah koneksi, kurangnya lapangan kerja yang berkualitas. Menurut penelitian lapangan yang diikuti oleh pengusaha di Jerman pada tahun 2011, kebutuhan karyawan yang berkualitas dan terdidik dalam industri 4.0 dengan 32% muncul sebagai topik utama. Selanjutnya diikuti oleh dukungan standar internasional sebesar 30%, aturan persaingan dalam perlindungan data sebesar 28% dan insentif pajak dalam investasi perusahaan sebesar 27%. Bagaimana perusahaan dapat mengatasi kendala ini dan menjadi digital? Pada akhir tahun 2017, dalam penelitian yang dilakukan atas nama Cloud Industry Forum (CIF), pertanyaan ditujukan kepada 200 direktur yang memiliki wewenang pengambilan keputusan tentang teknologi informatika di lembaga yang memiliki lebih dari 500 karyawan. 89% peserta menyatakan bahwa teknologi lama merupakan tantangan yang harus diatasi dalam mewujudkan transformasi digital yang sukses. Alasannya adalah; peserta berpikir bahwa perubahan yang akan dilakukan pada teknologi lama akan sangat menghambat pekerjaan mereka (46%) dan biaya penggantian akan tinggi (40%). Selain itu, keterampilan yang terbatas cukup untuk pemeliharaan infrastruktur lama saat ini (30%) dan tidak ada rencana transformasi tertentu terkait pekerjaan (27%).

Ada beberapa tantangan yang dapat dihadapi oleh operasi yang meminta transformasi digital. Perlu dipertimbangkan bahwa ada banyak pembeli yang tidak mempercayai internet dan lebih suka berbelanja dengan cara tradisional. Informasi pribadi operasi dapat dipublikasikan di internet tanpa kendali, data komersial dapat diperoleh, data tidak dapat diperbarui tepat waktu, mungkin ada kekurangan personel yang berkualifikasi, dapat terjadi keterlambatan pengiriman karena masalah terkait kargo, logistik, rahasia bisnis dan data pelanggan dapat dicuri, kartu kredit palsu dapat digunakan untuk berbelanja, pelanggaran keamanan yang tidak berdasar dapat dilakukan. Sangat penting untuk menggunakan perangkat lunak yang memastikan keamanan jika terjadi pelanggaran hak kekayaan intelektual, seperti pesanan, informasi, metode, proses operasi, pelanggan dan bank; situs yang melanggar hukum diblokir aksesnya.

Sementara banyak UKM semakin menyadari bahwa internet adalah kunci kesuksesan, dalam banyak kasus mereka masih belum memiliki situs web yang dapat dilihat di telepon pintar. UKM menggunakan internet untuk berbagai keperluan. Tiga perempat atau lebih menggunakannya untuk mencari tahu informasi umum yang berkaitan dengan bisnis, email pelanggan, perbankan online, membayar tagihan, memesan persediaan, dan membayar pajak secara online. Seperti yang digarisbawahi oleh proyek OECD Going Digital, keterlambatan adopsi UKM terutama disebabkan oleh kurangnya investasi dalam aset berbasis pengetahuan pelengkap, seperti R&D, sumber daya manusia, perubahan organisasi, dan inovasi proses, dan keterlambatan ini berimplikasi pada kapasitas mereka untuk mengubah perubahan teknologi

menjadi inovasi dan pertumbuhan produktivitas. Lebih jauh lagi, UKM menghadapi tantangan khusus dalam mengelola risiko keamanan dan privasi digital, terutama karena kurangnya kesadaran, sumber daya, dan keahlian untuk menilai dan mengelola risiko secara efektif. Penelitian terdahulu telah meneliti teknologi secara umum dan menemukan sejumlah faktor yang memengaruhi keputusan adopsi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam organisasi. Faktor-faktor ini dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: faktor internal dan faktor eksternal.

Berbagai masalah dapat terjadi di sepanjang rantai pasokan. Beberapa tantangan yang teridentifikasi untuk rantai pasokan digital disajikan sebagai berikut:

- 1) *Kurangnya perencanaan*: Kekurangan rencana permintaan dan pedoman serta alat yang tepat,
- 2) *Kurangnya kolaborasi*: Kurangnya kolaborasi dengan rekan eksternal dan kurangnya masukan dari fungsi internal
- 3) *Perkiraan permintaan yang salah*: Perkiraan yang tidak akurat dan terlalu optimis untuk permintaan, inventaris, produksi, dan data lainnya
- 4) *Kurangnya berbagi informasi*: Keengganan perusahaan untuk berbagi informasi
- 5) *Mengejar peluru perak*: Keyakinan bahwa semuanya akan baik-baik saja
- 6) *Kurangnya pengetahuan*: Kekurangan pelatihan dan keterampilan manajemen rantai pasokan
- 7) *Kelincahan dan Fleksibilitas*: Kurangnya manajemen rantai pasokan yang fleksibel dan tangkas yang diperlukan
- 8) *Volatilitas tinggi*: Kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam menangani volatilitas dalam manajemen rantai pasokan
- 9) *Terlalu percaya diri pada pemasok*: Mengandalkan pemasok tertentu di bagian tertentu dunia
- 10) *Kurangnya integrasi*: Pandangan yang kurang tentang integrasi rantai pasokan digital dan non-digital manajemen

Transformasi digital bisnis Eropa didorong oleh koneksi pita lebar yang cepat, media sosial, dan aplikasi seluler. Perusahaan besar lebih terdigitalisasi daripada UKM. Perusahaan besar memiliki keunggulan skala, sehingga 80% dari mereka mempekerjakan spesialis TIK internal. Perusahaan di seluruh UE terus berkembang dan menyesuaikan diri dengan tren dan teknologi untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data. Perusahaan menggunakan big data untuk menganalisis dalam volume besar, menghasilkan hasil mendekati atau waktu nyata dari data yang tersedia dalam berbagai jenis format. 26,2% perusahaan Eropa membeli layanan komputasi awan dan menggabungkan teknologi awan untuk meningkatkan operasi sambil mengurangi biaya, yang mewakili peningkatan 25% dibandingkan dengan 2016. Penerimaan awan oleh perusahaan-perusahaan besar (55,6%) lebih tinggi daripada UKM (25,3%) pada tahun 2018. Adopsi robotika cukup rendah di semua Negara Anggota UE yang datanya tersedia (Belgia, Kroasia, Irlandia, Latvia, Luksemburg dan Inggris tidak mencakup modul opsional ini pada tahun 2018), dengan tingkat penerimaan di semua perusahaan berkisar dari 10,8% di Spanyol hingga 1,2% di Siprus. Hanya negara-negara Eropa Barat yang

berada di atas rata-rata UE sebesar 6,7%. Pangsa perusahaan yang menggunakan robot di bawah 4% di Estonia, Hungaria, Lithuania, Yunani, Rumania dan Siprus. Penggunaan robot sangat bervariasi menurut ukuran perusahaan. Hampir 25% perusahaan besar menggunakan robot industri dan layanan, sedangkan tingkat penerimaan untuk UKM empat kali lebih sedikit yaitu hanya 6,2%. Percetakan 3D merupakan teknologi baru yang tidak umum digunakan oleh semua perusahaan. Hampir 4% UKM menggunakan pencetakan 3D.

Negara Anggota UE yang paling banyak memanfaatkan peluang e-commerce adalah Irlandia, Swedia, dan Denmark, sedangkan Belanda dan Finlandia memimpin dalam adopsi teknologi e-bisnis. Pada tahun 2019, Denmark memimpin dalam hal pangsa perusahaan yang berjualan daring, sedangkan Swedia berada di peringkat ke-3. Swedia berada di posisi ke-4 dan Denmark di posisi ke-5 dalam hal pangsa omzet e-commerce dalam total omzet. Dalam hal teknologi e-bisnis, negara-negara terkemuka adalah Belanda (ke-2 di antara Negara Anggota UE dalam tiga indikator: berbagi informasi elektronik, media sosial, dan analisis data besar; ke-3 dalam solusi cloud), Finlandia (pelopor dalam penggunaan solusi cloud), dan Belgia (pertama dalam berbagi informasi elektronik). Bulgaria, Hongaria, Rumania, Polandia, dan Latvia tertinggal dalam adopsi teknologi e-bisnis.

Indeks Intensitas Digital (DII) mengukur ketersediaan 12 teknologi digital yang berbeda di tingkat perusahaan: internet untuk sedikitnya 50% orang yang bekerja; akses ke spesialis TIK; pita lebar cepat (30 Mbps atau lebih); perangkat internet seluler untuk sedikitnya 20% orang yang bekerja; situs web atau beranda; situs web dengan fungsi canggih; media sosial, membayar untuk beriklan di internet; membeli layanan komputasi awan menengah-tinggi, mengirimkan e-faktur yang sesuai untuk pemrosesan otomatis; penjualan web e-commerce yang menyumbang sedikitnya 1% dari total omzet; dan penjualan web bisnis-ke-konsumen (B2C) lebih dari 10% dari total penjualan web. Finlandia dan Denmark adalah satu-satunya negara di UE di mana persentase perusahaan dengan DII yang sangat tinggi (yaitu memiliki sedikitnya 10 dari 12 teknologi digital yang dipantau) di atas 10%, diikuti oleh Swedia dengan 8%. Sebaliknya, di beberapa negara seperti Bulgaria, Rumania, Yunani, Latvia, Spanyol, Polandia, Hongaria, dan Italia, mayoritas bisnis (lebih dari 55%) memiliki investasi rendah dalam teknologi digital (yaitu memiliki DII yang sangat rendah), sering kali hanya memiliki situs web sederhana dan beberapa komputer.

Diramalkan bahwa proses digitalisasi dapat meningkatkan pengangguran, 50% pekerjaan saat ini secara teoritis dapat dilakukan oleh teknologi otomatisasi. Salah satu sisi paling mengesankan dan paling kontroversial dari penggunaan robot dalam manufaktur adalah pengangguran teknologi. Saat ini, banyak pekerjaan seperti logistik dan transportasi yang membutuhkan kekuatan fisik dilakukan oleh robot. Oleh karena itu, mengembangkan strategi mengenai tenaga kerja yang memiliki bakat dan keterampilan baru menjadi penting. Ada banyak survei tentang subjek ini. Karena orang-orang memiliki kekhawatiran tentang pengangguran teknologi dan khawatir kehilangan pekerjaan mereka. Bagi setiap negara, akan terbukti penting untuk menganalisis kekuatan dan kelemahan sistem pendidikan dan kualifikasinya terkait dengan digitalisasi. Misalnya, Jerman harus menggabungkan peran penting dan produktif kualifikasi formal dengan perolehan kompetensi yang fleksibel dan

terkoordinasi. Kebijakan pasar tenaga kerja juga perlu disesuaikan dengan perkembangan baru. Jika perubahan struktural dan profesional meningkat, konsultasi di bidang kualifikasi lanjutan dan baru akan menjadi penting. Bidang lain seperti kesehatan dan keselamatan kerja, pengaturan dan manajemen waktu kerja, penentuan bersama, jaminan sosial, dan perlindungan data akan menghadapi tantangan baru.

Karyawan yang akan bekerja di pabrik-pabrik masa depan akan dituntut untuk memiliki tidak hanya kualitas pribadi, seperti komunikasi, keterampilan sosial, kerja kru, manajemen waktu tetapi juga keterampilan teknis seperti teknologi informatika, analisis pemrosesan informasi data, statistik, pengetahuan pemahaman, keterampilan interaksi dengan antarmuka modern. Perubahan teknologi juga menghasilkan pekerjaan tambahan melalui permintaan akan produk dan layanan baru dan melalui daya saing yang lebih tinggi dari perusahaan-perusahaan yang menerapkan teknologi baru. Tempat kerja akan berubah dan membutuhkan keterampilan yang berbeda dari pekerja dibandingkan dengan dekade-dekade sebelumnya. Pekerja sudah mengantisipasi perubahan di pasar tenaga kerja karena digitalisasi. Jika teknologi baru diperkenalkan, pekerja biasanya menyesuaikan diri dengan perubahan anugerah teknologi dengan berfokus pada tugas-tugas yang tidak dapat dilakukan oleh mesin. Pekerja dapat melakukan tugas-tugas yang berbeda daripada menjadi pengangguran karena kemajuan teknologi. Faktanya, bukti yang ada menunjukkan bahwa pekerja semakin mengalihkan waktu kerja dari pekerjaan rutin (misalnya membaca, menulis) ke tugas-tugas nonrutin (misalnya pekerjaan kreatif, kognitif) yang lebih sulit diotomatisasi. Yasar, Aktan, dan Ulusoy (2017) meneliti studi tentang subjek ini, "Ilmuwan data industri, koordinator data, arsitek solusi IT/IoT, insinyur/programmer komputer industri, desainer UI/UX industri, kepala petugas digital, insinyur manufaktur digital, spesialis sistem realitas tertambah, desainer pengalaman pekerja, desainer teknologi yang dapat dikenakan, ahli komputasi awan" dipandang sebagai pekerjaan masa depan. Sümer (2017) mencoba menyoroiti kemungkinan kerentanan dan kerugian yang mungkin dihadapi beberapa pekerjaan karena perubahan teknologi yang bias keterampilan yang sedang berlangsung di Turki. Dengan menganalisis empat kategori pekerjaan dalam rangkaian waktu (2000-2017), ia menyimpulkan bahwa setiap peningkatan prospektif dalam jumlah pekerjaan dengan tugas rutin akan digantikan oleh teknologi baru dan pada akhirnya akan mengakibatkan pengangguran massal. Menurut penelitian Sümer (2017) di Turki, beberapa pekerjaan yang tidak akan terpengaruh secara negatif oleh teknologi baru karena tingkat pendidikan dan/atau keterampilan yang tinggi yang mereka miliki adalah legislator, pejabat senior, dan manajer; profesional, pekerja pertanian dan perikanan yang terampil, pekerja kerajinan dan perdagangan terkait.

Kategori teknisi dan profesional asosiasi, juru tulis, pekerja layanan, dan pekerja penjualan toko dan pasar, operator pabrik dan mesin, dan perakitan mungkin terpengaruh secara negatif dan dengan demikian mudah digantikan oleh teknologi baru karena tugas yang mereka lakukan bersifat rutin. Sejumlah pekerjaan terbatas, yaitu profesional asosiasi sains dan teknik, dan teknisi informasi dan komunikasi mungkin digantikan oleh teknologi baru karena tugas rutin yang dibutuhkan oleh pekerjaan ini. Di sisi lain, profesional asosiasi kesehatan, profesional asosiasi bisnis dan administrasi, profesional asosiasi hukum, sosial,

budaya, dan profesional asosiasi terkait tidak akan tergantikan oleh teknologi baru karena pekerjaan ini membutuhkan tugas-tugas nonrutin dan tatap muka.

Sebuah penelitian OECD baru-baru ini menyebutkan angka utama sebesar 9% dari pekerjaan yang dapat diotomatisasi. Kenyataannya, sebagian besar pekerjaan berada di antara keduanya: pekerjaan terdiri dari tugas-tugas yang dapat diotomatisasi dan tugas-tugas lain yang tidak dapat diotomatisasi. Beberapa industri yang telah mengalami lebih banyak otomatisasi seperti intermediasi keuangan atau perdagangan eceran tidak mengalami pemulihan lapangan kerja yang lebih lambat dibandingkan dengan sektor-sektor lain. Transformasi digital menciptakan lapangan kerja bagi spesialis TIK. Terakhir, rata-rata lapangan kerja dengan keterampilan menengah tidak pulih lebih lambat setelah resesi baru-baru ini. Oleh karena itu, untuk saat ini, teknologi belum menyebabkan pemulihan pengangguran di negara-negara maju. Selain itu, beberapa bentuk wirausaha dan bentuk-bentuk pekerjaan atipikal yang didukung oleh digitalisasi yang saat ini tidak tercakup oleh pengaturan yang ada, mungkin menjadi lebih umum. Karena transformasi digital menghasilkan tingkat pendapatan yang lebih tinggi, pendapatan tambahan ini akan dibelanjakan untuk berbagai jenis produk dan layanan, baik digital maupun tidak. Permintaan tambahan ini akan mendukung lapangan kerja tambahan. Seberapa banyak dari pekerjaan ini akan bergaji tinggi dan bergaji rendah akan bergantung pada produk dan layanan mana yang akan secara khusus dicari. Misalnya, dalam konteks populasi yang menua dengan cepat di negara maju, salah satu sektor yang kemungkinan besar akan memperoleh manfaat paling besar dari perkembangan ini adalah sektor perawatan. Pekerja perawatan kesehatan saat ini menyumbang 17,2 juta pekerjaan di EU28, dan satu juta pekerjaan perawatan kesehatan baru diproyeksikan pada tahun 2020 dan tambahan 7 juta lowongan pekerjaan diharapkan karena kebutuhan penggantian. Para peneliti menganalisis heterogenitas tugas di tingkat pekerjaan untuk mengevaluasi kembali bagian pekerjaan yang dapat dilakukan oleh mesin. Temuan mereka menunjukkan bahwa otomatisasi pekerjaan secara signifikan lebih rendah ketika memperhitungkan tugas-tugas aktual yang dilakukan oleh pekerja di pekerjaan masing-masing. Secara khusus, pekerja berpendidikan rendah menghadapi potensi otomatisasi yang jauh lebih besar daripada pekerja berkualifikasi rendah di semua negara.

Fossen dan Sorgner (2018) dalam penelitian mereka menyatakan bahwa AI tidak akan serta merta menyebabkan melonjaknya angka pengangguran seperti yang ditunjukkan literatur sebelumnya, karena pasar tenaga kerja sudah beradaptasi dengan gelombang baru perubahan teknologi. Para peneliti menunjukkan bahwa para pekerja merespons dengan mengubah pekerjaan mereka atau menjadi wirausahawan. Kebijakan publik harus membantu para pekerja ini beradaptasi dan memperoleh keterampilan baru yang diperlukan untuk tetap produktif. Digitalisasi menciptakan peluang baru bagi para wirausahawan yang berorientasi pada pertumbuhan yang melakukan transisi dari pekerjaan berbayar ke kewirausahaan bahkan tanpa menanggung risiko tinggi dari otomatisasi pekerjaan.

### **Apa yang Telah Dilakukan untuk Transformasi Digital Industri Manufaktur**

Kementerian Perindustrian dan Teknologi serta TÜBİTAK dianggap sebagai lembaga yang bertanggung jawab dalam proses transformasi digital dengan keputusan yang diambil

dalam rapat Dewan Tertinggi Sains dan Teknologi (BTYK) pada bulan Februari 2016. “Platform Transformasi Digital dalam Industri” didirikan pada tanggal 28 Desember 2016 dan kelompok kerja dibentuk berdasarkan topik teknik manufaktur tingkat lanjut (pengembangan teknologi, seperti printer 3D, sensor robotika, dll.), pendidikan (pembentukan infrastruktur tenaga kerja yang berkualitas), teknologi digital dalam industri (big data, cloud computing, dll.), regulasi, standarisasi, paten (keterlibatan dalam studi internasional, standar, infrastruktur regulasi), infrastruktur (teknologi, fisik), inovasi terbuka. Isu-isu utama UKM dan wirausahawan ditentukan dengan melakukan survei tentang digitalisasi dalam industri pada tahun 2017. Protokol kolaborasi ditandatangani antara Kementerian Pendidikan Nasional dan perguruan tinggi teknik. Peta jalan transformasi digital telah rampung pada tahun 2018. Protokol tentang pembukaan pusat pendidikan yang konsisten di bidang transformasi digital yang dibutuhkan di 15 universitas riset telah ditandatangani. Teknologi digital ditambahkan ke program Doktor YOK, studi percontohan mengenai penentuan tingkat kematangan digital dimulai dengan TUBITAK. Keputusan tentang dukungan transformasi digital dengan program KOSGEB & TUBITAK telah diambil. Survei “Revolusi Industri Baru: Prioritas Teknologi Utama dan Terkemuka untuk Sistem Produksi Cerdas” yang diikuti oleh sekitar seribu operasi telah dilakukan oleh TÜBİTAK pada tahun 2016. Hasil yang mencengangkan muncul di akhir studi ini. Yaitu, ditetapkan bahwa 22% dari operasi memiliki informasi terperinci saat kita meninjau kesadaran pada sistem manufaktur pintar dari operasi dan tingkat integrasinya ke dalam teknologi digital, sektor yang memiliki kesadaran yang meningkat adalah elektronik, perangkat lunak dan material (karet, plastik), tingkat kematangan digital industri kita berada di antara Industri 2.0 dan 3.0. Tingkat kesadaran operasi kita mengenai revolusi industri keempat terdeteksi dalam kerja lapangan yang dilakukan dengan sepuluh ribu operasi dalam lingkup “Proyek Peta Pertumbuhan Produktivitas Turki” oleh Kementerian Perindustrian dan Teknologi pada tahun 2016. Sementara operasi memiliki pengetahuan mengenai printer 3D, ada sedikit pengakuan terhadap big data, internet of things, cloud computing, teknologi RFID, inovasi terbuka.

Pemasok teknologi menyediakan layanan konsultasi untuk operasi terkait komputasi awan, data besar, otomatisasi, internet untuk segala hal, teknologi sensor, keamanan siber, sistem robotika. Peningkatan operasi yang ingin menggunakan teknologi digital bergantung pada peningkatan pemasok teknologi yang memenuhi kebutuhan aplikasi dan solusi dalam proses digitalisasi operasi industri. Ketergantungan asing terkait hal itu harus dikurangi. Modul program pendidikan yang menjelaskan bagaimana teknologi digital digunakan dengan contoh aplikasi yang baik, memberikan informasi tentang transformasi digital akan disajikan untuk UKM. Asosiasi Industri & Bisnis Turki (TÜSİAD) membentuk “Program Percepatan Transformasi Digital dalam Industri” yang mengumpulkan pemasok teknologi dan pengguna teknologi skala mikro, kecil, dan menengah dengan tujuan memberdayakan proses transformasi digital industri. Menurut laporan yang disiapkan oleh kelompok kerja Pelatihan Transformasi Digital dalam Industri, profesi yang paling dibutuhkan di masa depan adalah; pakar data industri, koordinator robot, pembangun solusi IT/IOT, insinyur komputer industri, pakar komputasi awan, pakar keamanan data, spesialis pengembangan jaringan, insinyur

perangkat lunak 3D, perancang antarmuka pengguna industri, perancang teknologi yang dapat dikenakan.

Subjek penggunaan teknologi digital dalam industri dipelajari oleh Platform Transformasi Digital dalam Industri sebagaimana ditunjukkan dalam subjudul:

- 1) *Teknologi Integrasi Horizontal*: Operasional mengintegrasikan dan mengoptimalkan pengetahuan dan transisi proses dari pelanggan ke rantai pasokan.
- 2) *Teknologi Integrasi Lateral*: menyediakan informasi yang solid dan transisi kontrol pengembangan produk, manufaktur, penjualan, logistik.
- 3) *Big data dan analitik tingkat lanjut*: Big data adalah data variabel dengan volume dan kecepatan tinggi yang memerlukan solusi inovatif untuk pemrosesannya. Analitik tingkat lanjut adalah menganalisis data atau konten dengan sepenuhnya atau secara mandiri menggunakan teknik atau alat canggih.
- 4) *Teknologi Cloud*: Kompetensi pemrosesan informasi disediakan untuk operasional.
- 5) *Internet of Things*: Sistem fisik (mesin, komputer) saling berkomunikasi.
- 6) *Kecerdasan buatan (AI) dan perangkat lunak cerdas*: AI adalah teknologi yang meniru otak manusia dengan perangkat lunak cerdas, AI adalah pembelajaran mesin.
- 7) *Teknologi keamanan siber*: Teknologi keamanan siber adalah teknologi yang melindungi data operasional dari serangan siber.
- 8) *Realitas virtual (atau realitas tertambah)*: Realitas virtual adalah simulasi kehidupan nyata berbasis komputer. Realitas virtual memastikan peningkatan produktivitas dan penurunan biaya dengan menggunakannya dalam proses manufaktur.
- 9) *Teknologi manufaktur canggih*: Teknologi manufaktur canggih yang digunakan dalam industri manufaktur dapat berupa; sistem siber-fisik, robot otonom, sistem otomasi non-pintar dan non-fleksibel, sensor pintar, CNC (*Computer Numerical Control*).

### **Ringkasan**

Transformasi digital adalah evolusi digital yang disengaja dan berkelanjutan dari suatu perusahaan, model bisnis, proses ide, atau metodologi, baik secara strategis maupun taktis. Perusahaan di semua industri dan wilayah bereksperimen dengan dan memperoleh manfaat dari transformasi digital. Para eksekutif di semua industri menggunakan kemajuan digital seperti analitik, mobilitas, media sosial, dan perangkat tertanam pintar serta meningkatkan penggunaan teknologi tradisional seperti ERP untuk mengubah hubungan pelanggan, proses internal, dan proposisi nilai. Transformasi digital sejati dimulai dari pelanggan dan bekerja ke dalam, menghubungkan kemampuan untuk memastikan bahwa setiap bagian dari organisasi dibangun dengan memberikan pengalaman pelanggan yang luar biasa. Tujuan utama transformasi digital adalah untuk mendesain ulang bisnis organisasi melalui pengenalan teknologi digital, mencapai manfaat seperti peningkatan produktivitas, pengurangan biaya, dan inovasi. Transformasi digital adalah penggunaan internet secara fungsional dalam desain, manufaktur, pemasaran, penjualan, penyajian, dan merupakan model manajemen berbasis data. Fakta bahwa model bisnis klasik telah menghilang dan digantikan dengan model bisnis yang fleksibel, dapat diubah secara instan, memiliki respons waktu nyata terhadap kebiasaan

konsumen dan berbasis pengetahuan. UKM yang mampu melakukan analisis biaya-manfaat dari teknologi digital dan menyadari teknologi tersebut adalah signifikan. Pemerintah juga memiliki peran untuk merangsang transformasi digital UKM. Transformasi digital berpotensi menggantikan pekerjaan tertentu, dan juga menciptakan lapangan kerja dan kesempatan kerja. Intervensi pemerintah yang diusulkan termasuk mengevaluasi bagaimana kerangka hukum dan peraturan saat ini meningkatkan transformasi digital. Ketika perubahan dalam dunia bisnis sebagai akibat dari Industri 4.0 ditinjau, terlihat bahwa manufaktur dan proses manufaktur menjadi praktis. Saat ini, mereka yang mampu bertahan di era digital yang meningkat pesat, adalah orang-orang dan UKM yang mengikuti era teknologi itu.

## **BAB 3**

### **INTERNET OF THINGS (IOT) DALAM SISTEM LAYANAN KESEHATAN**

Kesehatan adalah kemampuan dasar yang dibutuhkan orang untuk memahami, merasakan, dan bertindak secara efektif dalam hidup mereka. Oleh karena itu, kesehatan merupakan elemen utama dalam pengembangan individu dan lingkungan tempat orang berada. Untuk memperkuat layanan kesehatan di zaman sekarang, penelitian komprehensif sedang dilakukan dengan judul Kesehatan 4.0 untuk menyelidiki berbagai teknologi. Internet of Things (RFID, komputasi awan, dll.) dikembangkan untuk menghubungkan sumber daya medis yang ada dan menyediakan layanan kesehatan yang paling andal, paling cerdas, dan paling efektif bagi pasien. Tujuan dari bab ini adalah untuk merangkum aplikasi IoT yang paling mendasar dalam industri kesehatan.

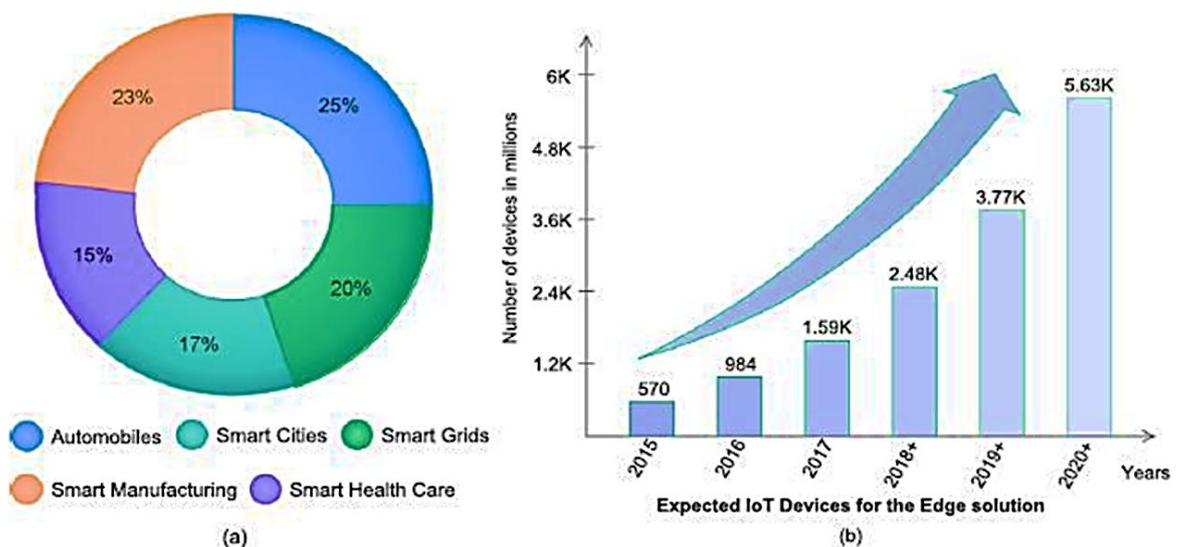
#### **3.1 PENDAHULUAN**

Pada abad terakhir, telah diamati berbagai gerakan dalam kriteria dan implementasi Industri. Misalnya, Industri 1.0 diikuti oleh Industri 2.0 tertarik pada fasilitas produksi mekanis dan otomatisasi, yang bertujuan pada energi listrik. Revolusi industri berikutnya setelah Industri 3.0 dicapai oleh perkembangan industri elektronik pada abad ke-20 terakhir. Namun, dengan perubahan besar IoT dan komputasi awan (CC), Industri 4.0 dibentuk pada penyebaran peralatan pintar dan pemanfaatannya. Industri 4.0 memanfaatkan berbagai teknologi untuk otomatisasi dan penggantian informasi seperti IoT, sistem awan, Big Data (BD), berbagai bentuk Internet nirkabel, sistem dan perangkat 5G, sistem kriptografi, penerapan perancangan basis data semantik (DB), Augmented Reality (AR), Pengambilan Gambar Berbasis Konten (CBIR) dan beberapa perangkat keamanan. Perpanjangan sistem perawatan kesehatan dari industri 4.0 disebut sebagai kesehatan 4.0. Berdasarkan bukti tinjauan akademis mereka yang lengkap Hermann et al. menggambarkan Industri 4.0 sebagai berikut: “Industri 4.0 adalah ekspresi bersama untuk Teknologi dan gagasan sistem rantai nilai. Dalam Perusahaan Cerdas Industri 4.0 yang diproyeksikan secara modular, Sistem Fisik Siber (CPS) memantau operasi fisik, mencapai rekaman virtual dunia nyata dan membangun penilaian yang terdesentralisasi. Melalui Internet of Things, Sistem Fisik Siber menggambarkan dan berkolaborasi satu sama lain dan orang-orang di masa nyata. Dengan bantuan IoS, layanan internal dan lintas organisasi ditawarkan dan digunakan oleh kontributor rantai nilai”

Selain itu, karakteristik desain Industri 4.0 di bawah ini disarankan oleh Hermann et al. (2015):

- Dapat dioperasikan bersama
- Platform virtualisasi
- Pembagian tanggung jawab atau Desentralisasi
- Kapasitas waktu nyata
- Kesesuaian layanan
- Sistem modular

Perkembangan dalam sistem industri memungkinkan efek timbal balik dengan miliaran perangkat melalui planet universal. Sesuai dengan pemeriksaan industri yang dilakukan oleh investigasi Grand View seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 (a), disetujui bahwa pendapatan yang diperoleh dari porsi sektor otomotif lebih dari 25% pada tahun 2016. Selain itu, dapat dilihat bahwa area Perawatan Kesehatan memperoleh pendapatan besar yang lebih dari 15% pada tahun 2016. Untuk tujuan memenuhi kebutuhan industri 4.0, persetujuan objek Internet of Things berkembang dengan cepat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 (b). Selain itu, jumlah lansia diperkirakan akan berlipat ganda pada tahun 2030 dan jumlah pengasuh potensial diperkirakan akan berkurang hingga 50%. Teknologi dan sistem baru harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan perawatan berkualitas bagi para lansia. Teknologi dan perangkat pintar dapat memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan fisik dan mental masyarakat di seluruh dunia.



**Gambar 3.1. (a) Implementasi yang dibentuk di pasar FC Global pada tahun 2016, (b) Pengembangan sejumlah objek Internet of Things**

Sistem kesehatan merupakan salah satu tujuan utama untuk pertumbuhan umum dan baik suatu negara. Sektor kesehatan telah mengalami berbagai transformasi, dari 1.0 hingga 4.0. Perawatan kesehatan 1.0 jauh lebih berpusat pada fisik. Dokter di sini mencatat riwayat kesehatan pasien secara manual. Seiring berjalannya waktu dan kemajuan, catatan genggam digantikan oleh catatan elektronik di Perawatan Kesehatan 2.0. Sedangkan untuk Healthcare 3.0, perangkat yang dapat dikenakan (*wearable devices*/WD) diperkenalkan dan sistem menjadi lebih berpusat pada pasien. Internet of Things (RFID, Cloud Computing, dll.) adalah alat industri 4.0 yang dikembangkan untuk menghubungkan sumber daya medis yang ada dan menyediakan layanan perawatan kesehatan yang paling andal, paling cerdas, dan tercepat bagi pasien.

Saat ini, kesehatan manusia bertujuan untuk meningkatkan perawatan kesehatan dan membangun fondasi sistem kesehatan global, sekaligus menjadi fokus utama dari sejumlah

studi kasus yang terus bertambah. Sistem ini bertanggung jawab untuk menyediakan informasi kepada pasien dan dokter di mana pun mereka berada.

Pendekatan ini dikenal sebagai layanan e-kesehatan. Selain itu, saat ini hal ini terkait erat dengan sistem Internet. Menyajikan konsep IoT ke sistem global yang terdefinisi seperti itu dan membuat masing-masing berfungsi di sana akan membatasi aplikasi yang dibuat untuk menyelamatkan nyawa.

Masalah terbesar setiap pasien yang tinggal di daerah terpencil adalah ketidakmampuan untuk menggunakan dokter dan kurangnya perawatan dalam kondisi sulit. Hal ini telah menyebabkan hasil yang cukup buruk dalam pemikiran orang-orang tentang rumah sakit dan layanan profesional kesehatan. Saat ini, penggunaan perangkat IoT dalam sistem pemantauan kesehatan dan penerapan teknologi baru telah banyak dicantumkan. IoT menjaga pasien tetap aman dan sehat, dan juga membantu dokter mengembangkan cara memberikan perawatan. IoT kesehatan juga meningkatkan keterlibatan dan kesenangan pasien dengan memungkinkan pasien menghabiskan lebih banyak waktu untuk berinteraksi dengan dokter mereka. Dengan demikian, setelah Internet of Things (IoT) digunakan dalam layanan kesehatan, terbentuklah ekosistem yang sangat besar.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merangkum aplikasi dasar IoT di sektor kesehatan, seperti yang dapat dilihat dari pendahuluan ini. Tujuan penting lainnya adalah untuk menentukan tren aplikasi kesehatan 4.0 yang paling cemerlang di masa depan, seperti sistem m-health yang ada di sektor kesehatan. Di samping itu, akan dibahas pula mengapa IoT sangat diperlukan dalam sistem kesehatan. Di sisi lain, ada banyak kasus yang diteliti sebagai hasil dari tinjauan pustaka.

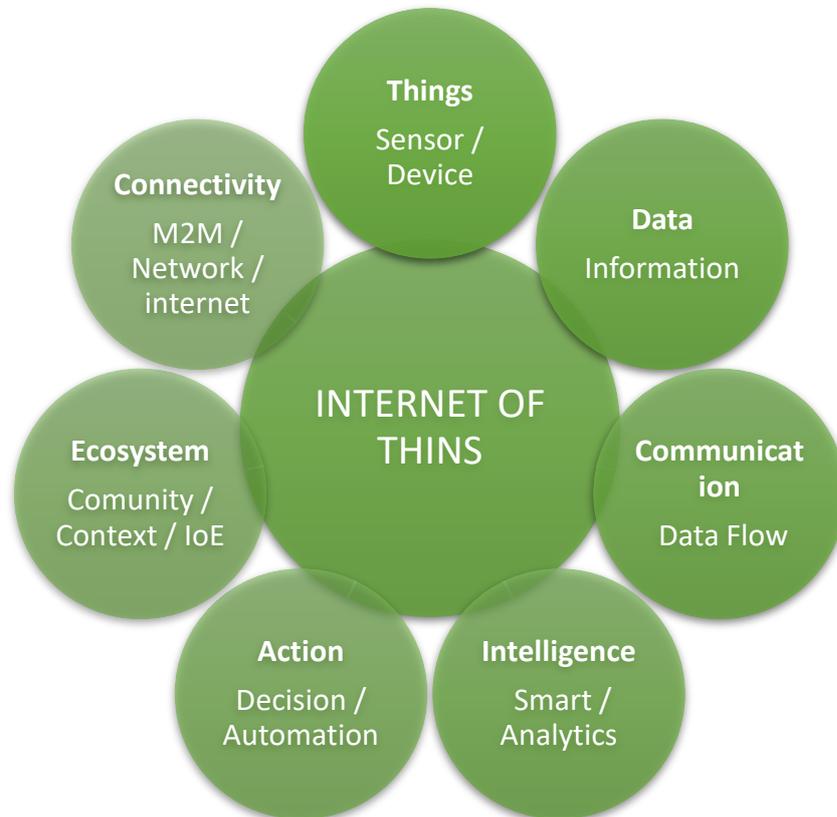
Bagian ini juga akan menjelaskan bagaimana sistem IoT diimplementasikan di sektor kesehatan melalui penyakit-penyakit yang sangat mendasar yang dialami pasien-pasien ini. Dalam penelitian ini, tidak hanya perusahaan-perusahaan yang mencoba memproduksi teknologi perangkat kesehatan, tetapi juga teknologi-teknologi yang memproduksi perangkat-perangkat ini dijelaskan secara terpisah di bawah setiap judul. Sistem IoT dapat diterapkan pada hampir semua penyakit, bukan? Alasan utama untuk pengobatan penyakit-penyakit tertentu dalam artikel ini adalah bahwa penyakit-penyakit ini merupakan penyakit yang paling banyak diderita pasien sepanjang hidup mereka, seperti yang terlihat dalam tinjauan pustaka.

### **3.2 KARAKTERISTIK INTERNET OF THINGS (IOT)**

IoT membantu berbagai nilai input dan output peralatan serta sensor seperti sistem kamera, mikrofon, pengeras suara, perangkat pencitraan, komunikasi jarak dekat, Bluetooth, akselerometer, dan sebagainya. Elemen utama Internet of Things adalah teknologi Identifikasi Frekuensi Radio. RFID dapat mengenali aset tetap atau bergerak secara spontan. Tujuan dasar Internet of Things adalah untuk mengamati dan juga mengendalikan perangkat melalui koneksi Internet. IoT mengikuti hukum Metcalf, yang menunjukkan bahwa pentingnya dan kekuatan jaringan meningkat relatif terhadap kuadrat banyaknya node dalam sistem jaringan. Ada banyak definisi IoT dalam literatur. Sebagian besar deskripsi IoT ini menggarisbawahi berbagai fitur:

- perspektif implementasi,
- aspek teknologi,
- status industri,
- manfaat, dll.

Deskripsi IoT dengan bantuan tujuh karakteristik ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2.** Deskripsi IoT dengan bantuan tujuh karakteristik.

Munculnya IoT, tempat perangkat dan alat terhubung langsung dengan data, penting karena dua alasan:

1. Semua perkembangan dalam teknologi sensor dan konektivitas memungkinkan objek untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis setiap data yang sebelumnya tidak dapat dijangkau. Dalam hal kesehatan, ini berarti memungkinkan perawatan pencegahan, memungkinkan diagnosis cepat komplikasi akut, dan membantu memahami bagaimana terapi dapat membantu memperbaiki parameter pasien. Ini berarti bahwa data pasien dapat dikumpulkan dari waktu ke waktu.
2. Kemampuan perangkat untuk mengumpulkan data sendiri akan menghilangkan keterbatasan data yang dimasukkan oleh orang. Dengan cara ini, dokter akan dapat memperoleh semua data yang mereka butuhkan secara otomatis pada saat itu juga dan sesuai dengan kebutuhan mereka. Selain itu, sistem otomatisasi juga akan mengurangi risiko kesalahan manusia dan kesalahan individu. Lebih sedikit kesalahan berarti peningkatan produktivitas di hampir setiap industri. Hal ini juga menghasilkan biaya yang lebih rendah dan peningkatan kualitas. Namun, ada kebutuhan serius untuk

layanan perawatan kesehatan, terutama sistem yang kesalahan manusianya dapat menjadi pembeda antara hidup dan mati.

Layanan perawatan kesehatan lebih mahal dari biasanya, populasi universal semakin menua dan jumlah penyakit kronis meningkat. Meskipun teknologi tidak dapat menghalangi orang untuk menjadi tua atau memberantas penyakit kronis pada awalnya, setidaknya teknologi dapat menyediakan perawatan kesehatan yang lebih mudah selama periode aksesibilitas. IoT memiliki kelayakan yang luas di banyak bidang, dengan penyertaan perawatan kesehatan (Patel, 2019). Selain itu, jumlah orang lanjut usia diperkirakan akan berlipat ganda pada tahun 2030 dan calon pengasuh diperkirakan akan berkurang hingga 50%. Teknologi baru harus ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan pemeliharaan kualitas. Teknologi dapat berperan penting dalam menjaga kesejahteraan fisik dan psikologis.

### 3.3 KESEHATAN 4.0

Kesehatan adalah kemampuan dasar yang dibutuhkan orang untuk memahami, merasakan, dan berperilaku secara efektif, dan karena itu menggambarkan komponen dasar dalam peningkatan pribadi, serta bidang tempat orang hidup dan merasa dirinya termasuk. Oleh karena itu, penting untuk memastikan aspek dan sarana yang memadai untuk menyediakan layanan kesehatan yang nyaman berdasarkan pemantauan langsung terhadap bantuan medis.

Kita dapat menganggap Kesehatan 1.0 seperti saat pasien membaca tentang keadaan medis atau berbincang dengan anggota keluarga untuk mempelajari beberapa informasi dengan cara yang tidak biasa. Sebagian besar pasien yang keras kepala berusia di atas 50 tahun, bahkan mereka yang berpendidikan tinggi, masih hidup dalam layanan Kesehatan 1.0. Mereka mengeluarkan lebih banyak informasi daripada yang mereka berikan.

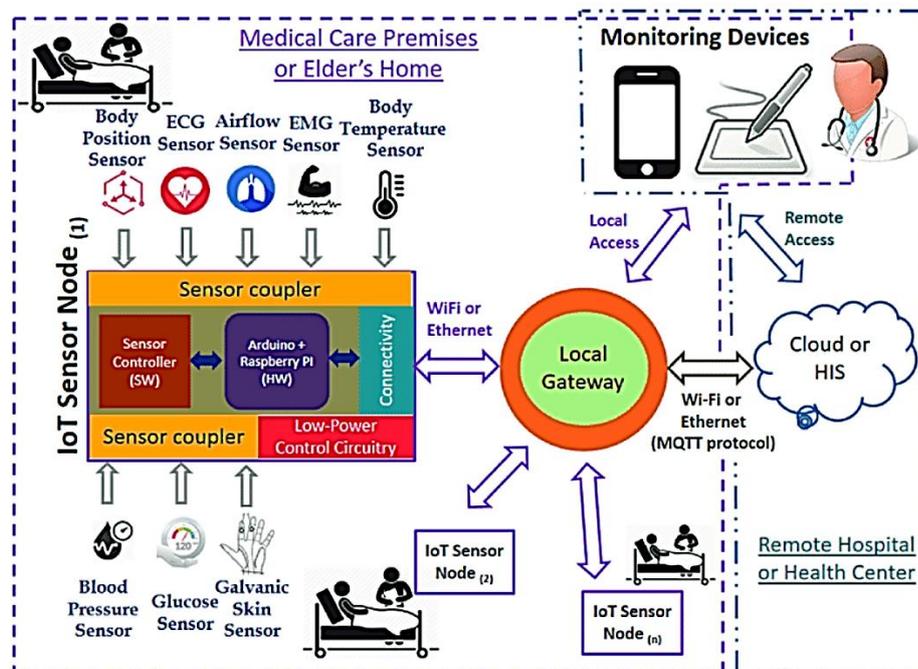
Dokter adalah orang-orang ahli di masa lalu. Saat ini, dokter umum (GP) akan merasa sangat wajar jika pasien menciptakan idenya sendiri, berdasarkan informasi yang dikumpulkan dari internet.

Kesehatan 2.0 adalah istilah yang muncul pada pertengahan tahun 2000-an, sebagai bagian dari teknologi perawatan kesehatan yang mencerminkan tindakan Web 2.0 yang lebih luas. Istilah ini telah dijelaskan secara berbeda karena mengandung perangkat dan teknologi seluler, media sosial, konten yang dibuat pengguna, dan sistem berbasis cloud. Munculnya proses transaksi baru telah dimulai dengan pengaruh metodologi komputasi dan operasi komputasi. Berdasarkan situasi ini, Perawatan Kesehatan 3.0 berubah menjadi bidang yang meluas karena penggunaan catatan kesehatan elektronik pada periode 2006-2015. Sistem EHR membantu dokter mendapatkan informasi yang tepat pada waktunya. Perawatan kesehatan 4.0 merupakan gagasan penting dan strategis untuk ruang sistem kesehatan yang ditarik dari proses Industri 4.0. Tujuan sebenarnya dari Kesehatan 4.0 adalah memungkinkan kemajuan teknologi virtual untuk memfasilitasi kustomisasi perawatan kesehatan di samping waktu nyata bagi pasien, profesional, dan semua pengasuh. Pada titik ini kita dapat memikirkan pertanyaan berikut: Bagaimana kita dapat berhasil dalam personalisasi

perawatan kesehatan? Tampaknya hal itu akan tercapai melalui pemanfaatan sistem CC, IoT, CPS, dan pengembangan jaringan 5G secara luas.

Oleh lembaga instrumen Big Data, proses ruang siber dan ruang fisik serta blok struktur perangkat lunak "objek" akan divirtualisasikan termasuk bekisting spasial-transien. Teknologi virtualisasi akan memfasilitasi snapshot planet fisik dalam mengikuti waktu aktual dan memungkinkan kesehatan theragnostik. Situasi ini akan memungkinkan pengobatan presisi dan pengobatan yang dipersonalisasi.

Saat ini, ada peningkatan eksponensial dalam pemanfaatan metode diagnostik berbasis Healthcare 4.0 di seluruh dunia. Dokumen pasien dikumpulkan dalam sistem EHR yang dapat diselesaikan di tempat terpusat untuk mendukung para profesional perawatan kesehatan agar dapat dengan mudah mengakses informasi pasien dari mana saja dan kapan saja dalam perawatan kesehatan 4.0. Komponen arsitektur secara umum yang diperlukan dalam proses Internet of Things dalam perawatan kesehatan dijelaskan dalam Gambar 3.3.

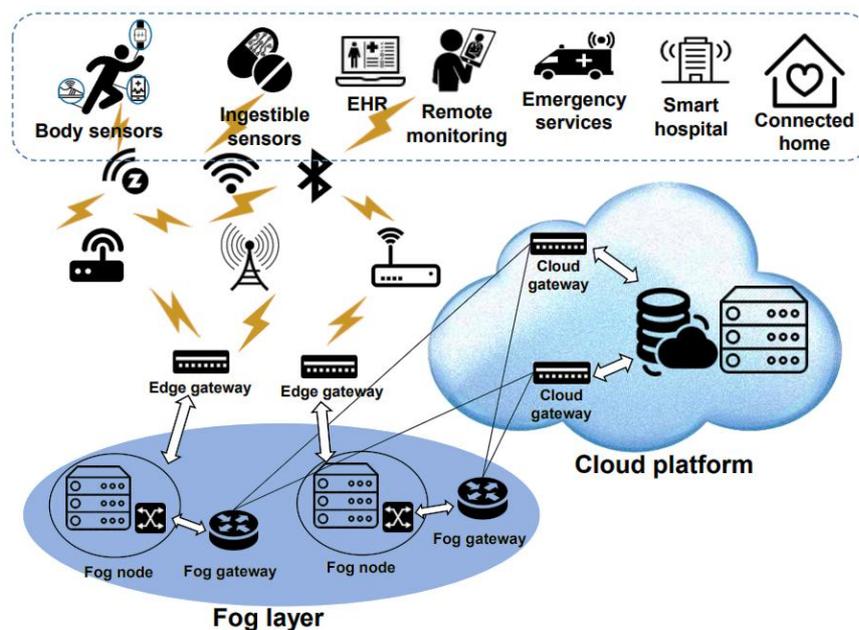


**Gambar 3.3. Ilustrasi layar perawatan kesehatan berbasis Internet of Things yang umum digunakan**

### 3.4 IOT UNTUK PERAWATAN KESEHATAN

Kevin Ashton awalnya mengusulkan gagasan Internet of Things pada tahun 1999, dan Ashton menerapkan sistem Internet of Things sebagai perangkat yang terhubung dengan koefisien yang tak tertandingi dengan bantuan sistem RFID. Semuanya dimulai dengan lipstik. Warna lipstik yang sangat populer yang Kevin Ashton promosikan sebagai administrator merek di Procter & Gamble terus-menerus kehabisan stok. Ia mencoba mencari tahu penyebabnya dan menemukan beberapa lubang dalam data rantai pasokan untuk memungkinkan penyebaran chip RFID lebih awal ke inventaris. IoT telah menjadi blok struktur utama pemantauan kesehatan. Tujuan dari kerangka kerja kesehatan Internet of Things yang

produktif adalah untuk memastikan kesehatan pasien dalam pemantauan jarak jauh secara real-time, untuk mengatasi situasi klien yang krusial, dan untuk mengembangkan kelas seumur hidup dengan bidang Internet of Things yang cerdas. IoT memungkinkan para profesional perawatan kesehatan untuk lebih berhati-hati, bersiap sebelumnya, dan terhubung dengan pasien secara efektif. Data yang dikumpulkan dari perangkat dan sistem IoT dapat mendukung dokter untuk menentukan metode perawatan terbaik bagi pasien dan mencapai hasil yang diantisipasi. Dalam bidang perawatan kesehatan, IoT mencakup banyak jenis sensor murah (dapat dikenakan, ditanamkan, dan ramah lingkungan) yang memungkinkan orang lanjut usia memperoleh manfaat dari perawatan kesehatan medis kapan saja, di mana saja. IoT tidak hanya memberikan kemudahan bagi petugas kesehatan, tetapi juga sangat meningkatkan kualitas hidup orang lanjut usia. IoT berkembang sangat pesat sebagai isu penelitian terkini di berbagai lembaga akademis, khususnya di sektor kesehatan. Hebatnya, karena penyebaran perangkat yang dapat dikenakan dan telepon pintar yang cepat, teknologi fitur IoT meningkatkan perawatan kesehatan dari kerangka kerja berbasis pusat tradisional ke sistem kesehatan pribadi. IoT telah mengembangkan peluang besar dalam pengobatan: ketika terhubung ke internet, perangkat medis biasa dapat menerima informasi tambahan, memberikan pemahaman tambahan tentang gejala, memungkinkan perawatan kesehatan jarak jauh, dan juga biasanya melayani pasien dengan pengawasan yang jauh lebih banyak selama hidup mereka. IoT memungkinkan pembentukan jaringan perangkat pusat yang saling terhubung yang mampu menghasilkan dan bertukar data dalam kerangka terpisah. Selain itu, semua informasi ini dapat dipantau dan dikumpulkan pada saat yang sebenarnya, sehingga menyediakan kumpulan materi analitis yang tidak aktif. Untuk peningkatan tanaman obat, ini berarti bahwa rumah sakit biasa dapat diubah menjadi tempat perawatan kesehatan yang cerdas.



**Gambar 3.4. Ilustrasi karakteristik kerangka kerja perawatan kesehatan berbasis Internet of Things dan CC**

Gambar 3.4 mengilustrasikan karakteristik sistem perawatan kesehatan yang mengintegrasikan bagian IoT dan komputasi awan untuk memastikan kemampuan untuk menjangkau informasi medis bersama dan substruktur umum pada saat yang sama dan di mana saja, yang menunjukkan sistem sesuai permintaan, jaringan, dan proses yang memenuhi persyaratan yang terus berkembang.

Namun, kualifikasi manfaat teknologi yang difasilitasi IoT dalam PHS masih dalam skala besar yang menantang di area tersebut dengan mempertimbangkan kekurangan biaya tinggi dan sensor pengobatan cerdas yang tepat, struktur kerangka kerja Internet of Things yang tidak standar, perbedaan peralatan pemakaian yang terhubung, informasi multidimensi, dan permintaan yang tinggi untuk sistem yang dapat dioperasikan bersama. Keberhasilan penggunaan IoT dalam PHS, perawatan dan investigasi, praktik analisis data perawatan kesehatan yang terintegrasi erat, pemberdayaan diri, dan IoT yang dapat dioperasikan bersama untuk standar data dan informasi yang memadai dari dasar pengambilan keputusan klinis yang sehat akan membutuhkan lingkungan dari perspektif yang berpusat pada pengguna. Tantangan dan kebutuhan di atas memberikan banyak peluang untuk menyelidiki struktur terkini, aliran data, dan implementasi di bidang Internet of Things.

#### **Implementasi IoT dalam Perawatan Kesehatan**

Teknologi IoT, yang berarti bahwa suatu objek memiliki teknologi untuk bertukar data, lebih disukai dalam menciptakan proses di mana masalah kesehatan, waktu, energi, dan biaya dapat dicapai dengan lebih baik. Selama beberapa periode terakhir, peningkatan dalam sistem TI dan persepsi telah menyebabkan munculnya Internet of Things dalam sistem perawatan kesehatan. Internet of Things berarti menghubungkan objek dan perangkat cerdas ke Internet, seperti beberapa peralatan, sensor, perangkat pengontrol, instrumen yang dapat dikenakan, dan beberapa perangkat medis.

Secara umum, pemasaran kesehatan Internet of Things diperkirakan meningkat dari 32,4 miliar pada tahun 2015 menjadi 163 miliar pada tahun 2020. Pada akhir tahun 2015, bahkan ada 25 miliar objek dan instrumen yang terhubung ke Internet yang jumlahnya dua kali lipat jumlah orang di seluruh dunia.

Ketergantungan layanan perawatan kesehatan pada IoT meningkat setiap hari untuk mengembangkan akses ke perawatan, meningkatkan kualitas perawatan, dan yang paling signifikan mengurangi biaya sistem perawatan. Berdasarkan atribut budaya, biologis, dan perilaku spesifik individu, implementasi kesehatan, kesehatan, dan bantuan pasien yang terhubung disebut "perawatan kesehatan yang dipersonalisasi". Ini memberi wewenang kepada setiap orang dengan menjaga dasar perawatan kesehatan utama dari "perawatan optimal untuk individu yang tepat pada waktu yang tepat" yang membuat perawatan kesehatan jauh lebih hemat biaya, menghasilkan kesimpulan yang lebih baik dan pengembangan kepuasan. Pusat layanan permanen mengurangi risiko penyakit, laporan patologi sebelum waktu dan perawatan di rumah daripada klinik yang mahal. Dengan cara ini, ia mengendalikan seluruh rasa kesejahteraan untuk mengharapakan persyaratan dan memberikan kesesuaian dengan program layanan kesehatan. Aplikasi IoT yang paling umum

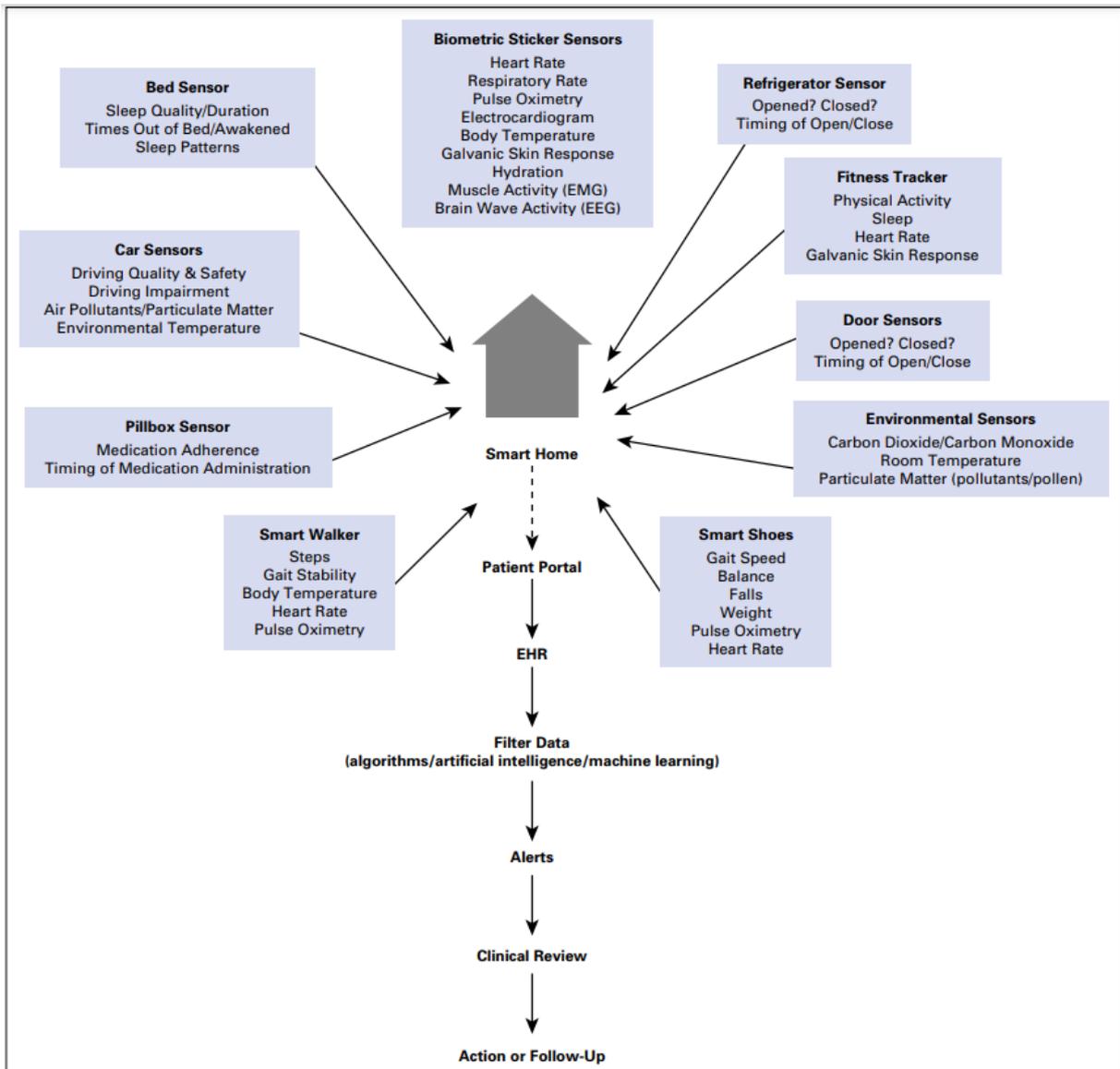
digunakan dalam sistem perawatan kesehatan dalam beberapa tahun terakhir akan dibahas di bawah ini.

#### *Perawatan Kanker*

Institut Kedokteran mengutip teknologi informasi sebagai persyaratan mendasar untuk membangun sistem layanan karsinoma yang unggul dan sekaligus sebagai dasar bagi kerangka kerja perawatan kesehatan berbasis pembelajaran. Visi ini, yang secara digital menangkap dan meningkatkan perawatan kesehatan untuk produksi waktu nyata di dunia nyata, telah membuat kemajuan signifikan sejak laporan tahun 2009. Salah satu contohnya adalah CancerLinQ, yang memiliki inisiatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari dokumen perawatan kesehatan digital American Society of Clinical Oncology (ASCO), eksperimen kamar rumah sakit, dan aturan aplikasi klinis.

Saat ini, CancerLinQ dan Cancer Informatics for Cancer Centers telah menyadari adanya kerja sama untuk menerapkan teknologi big data guna mengeksplorasi sistem perawatan kanker. Kini jelas bahwa memahami penyediaan perawatan kesehatan secara real time, memantau dan mengevaluasinya dalam skala besar, membangun sistem pembelajaran nyata yang mencakup isu-isu unik yang khusus untuk perawatan kanker merupakan langkah penting menuju terwujudnya sistem teknologi informasi perawatan kesehatan.

Pada bulan Juni 2018, Sidang Tahunan ASCO menyajikan data dari 357 pasien yang dipilih dari rumah sakit untuk perawatan kanker kepala dan leher. Dalam percobaan tersebut, timbangan berat badan dan alat pengukur tekanan darah berkemampuan Bluetooth digunakan, bersama dengan pemantauan gejala untuk mengomunikasikan data terkini kepada dokter pasien mengenai indikasi dan respons untuk perawatan setiap minggu. Pasien yang mendapatkan manfaat dari metode cerdas ini (dengan judul CYCORE) menunjukkan bahwa pasien lain yang menghadiri kunjungan dokter mingguan memiliki gejala perawatan kanker yang tidak terlalu parah saat diperiksa. Di sini, teknologi cerdas tidak hanya menyediakan perawatan bagi pasien tetapi juga memudahkan perawatan mereka. Sistem ini telah menimbulkan efek samping. Sistem ini juga telah mengembangkan sistem yang cepat dan efisien untuk meringankan beban perawatan pasien. Hingga saat ini, catatan kesehatan elektronik tidak menyertakan data kesehatan yang dihasilkan pasien (PGHD) dalam sistem perawatan kanker. Sistem Data Kesehatan yang Dihasilkan Pasien menyimpan hasil yang dilaporkan pasien, informasi perangkat medis dan perangkat yang dapat dikenakan, serta data lain yang dibuat oleh sensor dari lingkungan rumah pasien. Karena pasien menghabiskan sebagian besar hidup mereka di sisi lain dinding rumah sakit, PGHD memberikan peluang yang baik untuk mendapatkan perspektif yang lebih holistik tentang kesejahteraan pasien kanker. Misalnya, pasien kanker dengan gagal jantung mungkin memiliki lingkungan rumah yang cerdas dengan pintu, lantai, tempat tidur, lemari es, kotak pil, dan cermin yang dikombinasikan dengan sensor yang dapat dikenakan untuk setiap saat penggunaan. Sebagai hasil dari penggunaan sistem cerdas ini, respons kulit galvanik, oksimeter denyut nadi, hidrasi, laju pernapasan, denyut jantung, elektrokardiogram, suhu tubuh, berat badan, dan banyak hal lainnya dapat dipantau secara berkala.



**Gambar 3.5. Model konseptual ekosistem IoT untuk kesehatan dalam pengobatan kanker**

Seiring dengan meningkatnya kemampuan mesin dan peralatan untuk saling berhubungan, teknologi AI, serta dokter dan ahli bedah robotik, mendukung para pekerja kesehatan untuk menyembuhkan kanker mulai dari mendeteksi gejala hingga merawat pasien. Namun, saat ini AI dan IoT tidak bekerja sama dalam bidang perawatan kanker. Secara umum, semakin cepat dokter mengenali gejala, semakin cepat pula mereka dapat mendiagnosis dan memulai perawatan. Berbagai gejala kanker stadium awal tidak jelas dan tidak dapat dikenali. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa kanker tidak dapat didiagnosis sejak dini. Hal terpenting adalah; AI dan IoT dapat mendiagnosis gejala kanker dan juga mengembangkan perawatan kanker, tetapi dapat dikatakan bahwa keduanya harus bekerja sama.

Seiring berkembangnya layanan Internet of Things selama periode mendatang, akan ada peluang baru untuk mengukur, menganalisis, dan memantau biometrik, rumah, dan lingkungan pasien. Hal ini penting untuk memahami lebih lanjut tentang bagaimana peneliti

dan ahli onkologi berkontribusi pada sistem kesehatan secara keseluruhan (selama dan setelah perawatan kanker) dari berbagai ekosistem pasien, dan pada hasil perawatan kesehatan jangka panjang. Meskipun ada ancaman lingkungan yang umum yang berkontribusi terhadap risiko dan ancaman kanker, informasi IoT dapat meningkatkan pemahaman kita tentang dukungan lingkungan mikro terhadap risiko kanker seseorang. Secara umum, pertimbangan ini akan memungkinkan sensitivitas dan adaptasi yang lebih besar terhadap saran klinis dan alternatif perawatan, dan akhirnya mengembangkan pengalaman pasien.

#### *Sistem Pemantauan Glukosa Berkelanjutan (CGM) Cerdas*

Di seluruh dunia, jumlah orang yang terkena diabetes meningkat pesat karena populasi yang menua dan gaya hidup yang mapan. Ini adalah salah satu keadaan darurat sosial-kesehatan yang paling menantang di milenium ketiga dengan kemungkinan melebihi 500 juta kasus pada tahun 2030. Manajemen diabetes harian pasien didasarkan pada kemampuan untuk mengukur kadar konsentrasi glukosa darah secara akurat dengan bantuan pemanfaatan sensor yang tepat. Baru-baru ini, sensor CGM telah merevolusi pemantauan glukosa menggunakan perangkat yang dapat dikenakan / non-invasif (dengan prinsip fisik yang berbeda) yang dapat mengukur konsentrasi glukosa menggunakan glukosa-oksidadase, fluoresensi atau fragmen dielektrik kulit. Sistem pintar ini memastikan pengukuran waktu nyata dalam setiap lima menit. CGM juga telah menciptakan tantangan baru di berbagai bidang, terutama dalam kedokteran, fisika, sistem elektronik, bidang kimia, topik ergonomi, pemrosesan data / sinyal dan peningkatan perangkat lunak.

Pada tahun 2018, NHS Inggris melaporkan bahwa mereka antusias untuk membantu solusi penyembuhan diabetes jarak jauh (Continuous Glucose Monitor - CGM). Penjelarasannya diumumkan pada Hari Diabetes Sedunia tahun 2018. Perangkat itu berukuran seperti uang logam, yang setelah dikenakan di lengan pasien, terus memantau kadar gula darah. Data pelacakan dapat diakses dengan mudah dengan bantuan perangkat Android atau iOS. Perangkat pemantauan perawatan kesehatan yang cerdas ini sangat penting dalam pengobatan diabetes.

Sistem sensor CGM ini dapat dipasang di lengan pasien dan dapat dengan mudah tetap berada di lengan hingga 90 hari. Dalam berbagai situasi lain (juga disebut telehealth), sistem ini dapat menghilangkan kebutuhan untuk mengunjungi rumah sakit setempat. Ini adalah solusi yang sempurna bagi pasien yang menderita masalah mobilitas. Jaringan IoT, yang masuk jauh ke dalam objek yang jauh, secara praktis dapat menghubungkan dan memantau sensor apa pun yang dipasang di tubuh manusia untuk tujuan medis. Hal ini akan mendukung pencegahan serangan jantung, kejang, dan memberikan bantuan medis tepat waktu bagi pasien kritis. Gambar berikut di bawah ini (Gambar 3.6) menunjukkan contoh aplikasi Pankreas Buatan dengan komponen dasar yang digunakan dalam sistem perawatan kesehatan.



**Gambar 3.6. Sistem aplikasi Pankreas Buatan dengan komponen dasar (Tenderich, 2019)**

Tabel 3.1 menunjukkan karakteristik dasar dan aspek terpenting dari sistem CGM yang telah dikomersialkan dalam hal kinerja, karakteristik, dan kebutuhan.

**Tabel 3.1. Sistem sensor CGM yang baru-baru ini digunakan (dengan fitur komersial)**

Perusahaan	Sistem Sensor	Akurasi (MARD)	Fitur	Persyaratan
<b>Dexcom</b>	Platina G4	13%, diperbarui menjadi 9% pada tahun 2014	Masa pakai 7 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo, pemantauan jarak jauh (Berbagi teknologi dari tahun 2015)	Kalibrasi disarankan setidaknya setiap 12 jam, hanya disetujui sebagai perangkat tambahan
	Ponsel G5	9%	Masa pakai 7 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo, pemantauan jarak jauh, komunikasi nirkabel langsung dengan perangkat pintar (hingga 5 perangkat)	Kalibrasi disarankan setidaknya setiap 12 jam
<b>Medtronic</b>	Sensor Enlite	13,6%	Masa pakai 6 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo, integrasi langsung dengan pompa insulin Medtronic	Kalibrasi disarankan setidaknya setiap 12 jam, disetujui hanya sebagai perangkat tambahan
	Sensor Pelindung 3	10,6% di perut, 9,1% di lengan	Masa pakai 7 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo, integrasi langsung dengan pompa insulin Medtronic	Kalibrasi disarankan setidaknya setiap 12 jam, disetujui hanya sebagai perangkat tambahan
<b>Abbott</b>	Navigator II	14,5%	Masa pakai 5 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo	Kalibrasi direkomendasikan 2, 10, 24, dan 72 jam setelah pemasangan sensor, hanya disetujui di beberapa negara Eropa sebagai perangkat tambahan

	FreeStyle Libre	11,4%	Masa pakai 14 hari, panah tren, komunikasi dengan perangkat pintar	Untuk membaca nilai glukosa, sensor perlu dipindai dengan penerima atau telepon pintar, belum disetujui FDA
<b>Senseonics</b>	Eversense	11,4%	Masa pakai 90 hari, panah tren, peringatan laju perubahan, alarm hiper dan hipo, komunikasi dengan perangkat pintar	Sensor perlu dimasukkan dan dikeluarkan di kantor dokter, hanya disetujui sebagai perangkat tambahan di Eropa

### *Perangkat Sensor yang Dapat Ditelan*

Apa itu sensor yang dapat ditelan? Sederhananya, sensor adalah peralatan elektronik yang dapat ditelan, kira-kira seukuran kapsul obat, yang terdiri dari bahan biokompatibel yang membentuk unit daya, mikroprosesor, bagian pengontrol, sensor yang menyediakan kapasitas perangkat untuk berkomunikasi guna digunakan dalam industri perawatan kesehatan untuk diagnosis dan pengamatan penyakit.

Sebuah kelompok penelitian MIT telah menyempurnakan sensor yang dapat dicerna (dapat ditelan) yang memanfaatkan bakteri yang direkayasa secara genetik untuk mengeksplorasi dan menentukan kesulitan gastrointestinal. Sistem ini terdiri dari chip komputer dan bakteri yang merespons dengan pendaran cahaya terhadap indikator biologis yang telah ditentukan sebelumnya. Saat mereka bersentuhan dengan indikator yang berhubungan dengan pendarahan lambung, bakteri akan bersinar. Penyebaran cahaya ini kemudian ditangkap oleh chip elektronik, diubah menjadi indikasi nirkabel (tanpa kabel) dan ditransfer ke implementasi ponsel. "Dengan menggabungkan sensor biologis yang dirancang dengan perangkat elektronik nirkabel berdaya rendah, kami mendeteksi (dalam waktu nyata) sinyal biologis di area tubuh. Hal ini memungkinkan kami mengembangkan kemampuan diagnostik baru untuk aplikasi di bidang kesehatan manusia," jelas Timothy Lu yang merupakan asisten profesor ilmu komputer dan teknik elektro di Massachusetts Institute of Technology.

Menurut pernyataan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 2003, 50% obat tidak diminum dengan benar atau diabaikan sama sekali. Model penting untuk memecahkan masalah ini adalah solusi sensor yang dapat dicerna yang disempurnakan oleh perusahaan Proteus. Sensor kecil ini menggantikan resep dan mentransfer perangkat penerima setelah didispersikan di lambung. Pil pintar Proteus, yang merupakan contoh canggih, akan membantu mengurangi tingkat kesalahan dan penipisan resep medis yang sangat penting. Ini dapat disebut manajemen obat yang sangat canggih.

### *Kesehatan Seluler (m-Health)*

Cara memantau dan menjaga kesehatan ponsel dapat menjadi penyelamat nyata bagi pasien modern yang hampir semuanya menggunakan ponsel pintar secara teratur. Kesehatan seluler merupakan area baru yang memberikan kontribusi besar bagi kondisi medis kritis dan

situasi perawatan rutin. Aplikasi seluler yang memantau pasien dari lokasi dan titik terpencil dapat berfungsi sebagai alat manajemen atas nama perangkat pemantauan kesehatan.



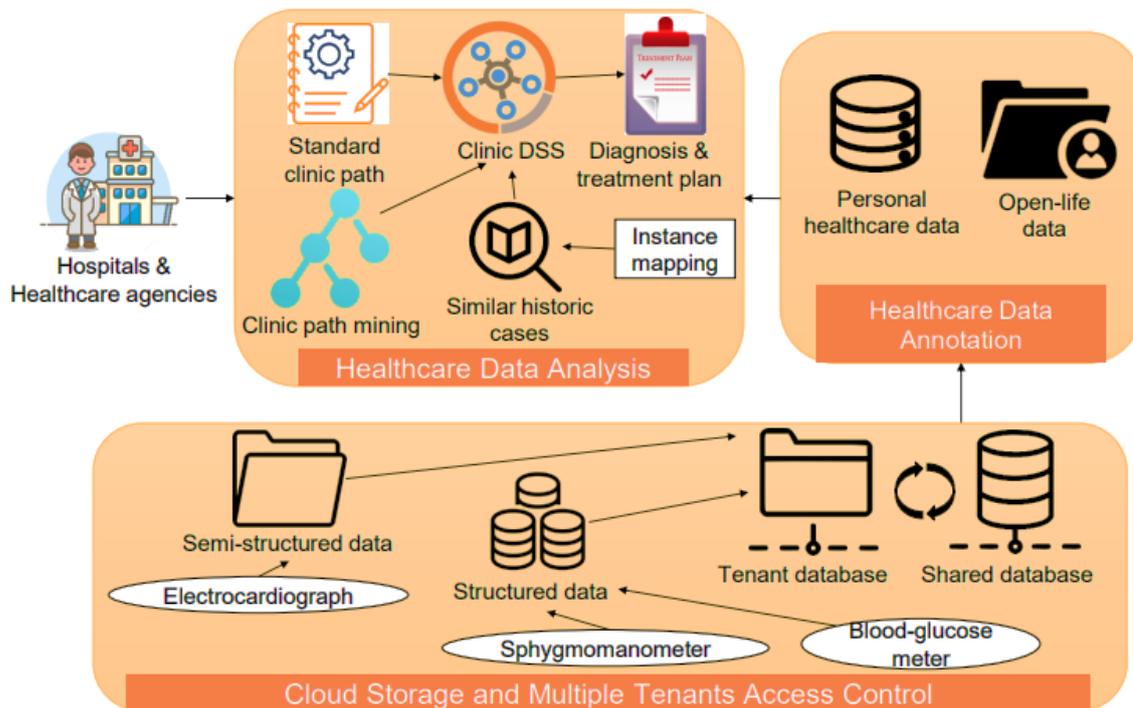
**Gambar 3.7. Contoh Layanan Kesehatan Seluler (Cbinsights-Digital Health)**

Gambar di atas menunjukkan bahwa ini hanyalah sebagian kecil dari inisiatif yang berupaya mendapatkan pangsa pasar melalui aplikasi seluler. Aplikasi semacam itu dapat digunakan sebagai pusat kesehatan yang dikembangkan sepenuhnya tempat Anda dapat mengakses informasi medis yang berharga, menganalisis tren perilaku organisme, mengelola sensor IoT yang ditanamkan lainnya, dan berkomunikasi dengan dokter Anda dengan satu ketukan. Sistem ini merupakan solusi yang sangat berharga bagi negara-negara yang kurang berkembang di mana orang-orang sering kali tidak dapat mengunjungi rumah sakit, tetapi kemungkinan besar memiliki telepon pintar dan perangkat. Pemerintah juga memperoleh kemampuan untuk melihat seberapa besar populasi yang terakumulasi dalam periode kesehatan. Ada berbagai aplikasi yang telah tersedia di pasar selama beberapa waktu, bervariasi dalam fungsi dan tujuannya:

- Aplikasi pengendalian obat.
- Aplikasi kebugaran.
- Aplikasi pemantauan tubuh, kekuatan, dan tidur.
- Aplikasi pemantauan kehamilan
- Aplikasi pencatatan kesehatan tunggal.

Apple ingin aplikasinya memiliki potensi untuk membantu penyelidikan dan perhatian medis, dan pada tahun 2017, Apple memulai CareKit, sistem sumber terbuka yang dirancang untuk mendukung pengembang membangun aplikasi guna mengelola situasi medis. Tidak seperti HealthKit, yang bertujuan untuk kesejahteraan dan kesehatan umum, CareKit dapat digunakan untuk merancang aplikasi untuk tujuan medis tertentu.

Sistem proyek pemantauan m-Health berdasarkan metodologi komputasi awan (CC) yang mencakup tiga lapisan dasar disarankan dan diilustrasikan dalam Gambar 3.8.

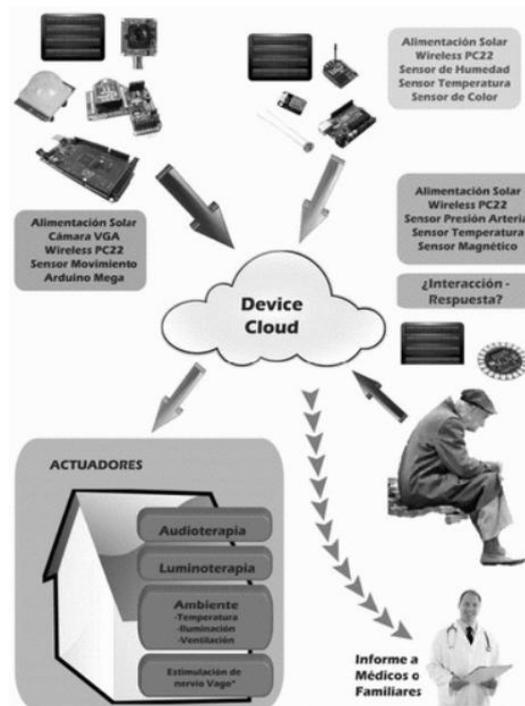


**Gambar 3.8. Sistem fungsional teknologi CC berdasarkan metodologi pemantauan m-Health dengan tiga lapisan dasar, bagian penyimpanan awan dan kontrol akses ganda, catatan kaki informasi perawatan kesehatan, dan survei data perawatan kesehatan.**

### *Deteksi dan Pengobatan Depresi*

Kesehatan mental merupakan salah satu penyakit utama yang memengaruhi populasi di seluruh dunia. Depresi, yang juga disebut gangguan depresi mayor, merupakan penyakit yang memengaruhi pikiran, perasaan, dan aktivitas kehidupan sehari-hari (ADL) seseorang. Depresi dapat dipadukan dengan berbagai masalah dan isu fisik seperti libido, tidur, energi, nafsu makan, dan berbagai nyeri tubuh. Depresi juga berkaitan dengan penurunan tindakan mental di berbagai area fisik yang mencakup sentimen dan kognisi. Saat ini, metodologi Internet of Things memberikan rekomendasi di sektor kesehatan dan mengungkap kemungkinan menghasilkan keuntungan. Sistem ini juga akan membantu dalam deteksi dini dan pengobatan depresi atau penyakit serupa pada manusia dewasa

IoT digambarkan sebagai revolusi Internet yang memungkinkan interaksi antara manusia, antara manusia dan objek atau perangkat dengan objek. Hal ini meningkatkan bentuk komunikasi baru yang memanfaatkan standar atau norma "terbuka" dan layanan "meyakinkan"; diwujudkan sebagai "Terbuka" untuk semua perangkat keras, perangkat lunak, dan komponen terkait yang memungkinkan pemanfaatan dan penyebaran gratis. IoT dapat mendeteksi dan mengintegrasikan ADL yang berkembang melalui manajemen dan transformasi informasi yang akurat untuk bereaksi terhadap aspek apa pun dari dunia fisik. Dua isu, Kesadaran Konteks dan e-Kesehatan, muncul dalam sistem pemodelan Internet of Things.

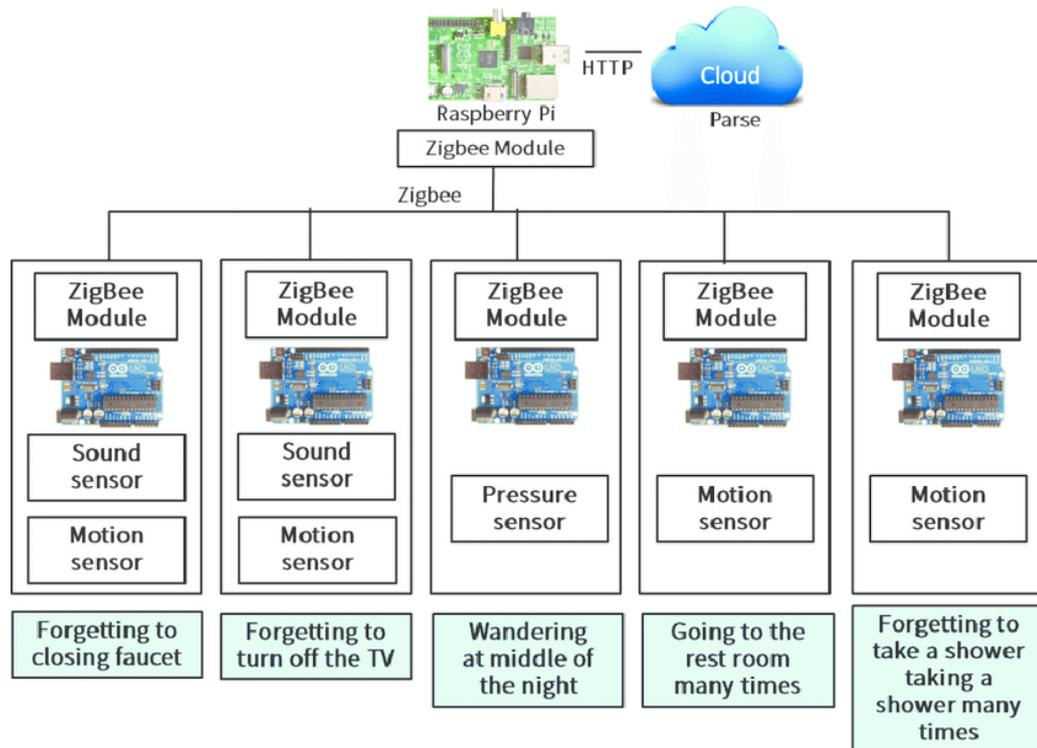


**Gambar 3.9. Model untuk pengobatan dini penyakit depresi**

Pada Gambar 3.9, diilustrasikan sebuah model untuk penanganan awal depresi. Selain itu, sistem eHealth memanfaatkan peningkatan pesat teknologi seperti jaringan sensor nirkabel dan teknik heterogen untuk mengembangkan aktivitas kehidupan sehari-hari (ADL) sebagai hasil dari pemantauan dan penanganan pasien setiap hari dan setiap jam. Dalam perawatan kesehatan, sensor dan koneksi informasi memberikan peluang untuk memantau perilaku pasien dan gejala secara real time dan dengan biaya yang murah. Hal ini memungkinkan dokter untuk mendiagnosis penyakit, dari waktu ke waktu menjadi lebih baik dan lebih cepat, dan, jika perlu, menuliskan resep pengobatan yang lebih lengkap.

#### *Pengobatan Penyakit Parkinson dan Alzheimer*

Seiring bertambahnya populasi warga lanjut usia, demikian pula masalah kesehatan, termasuk gangguan kognitif seperti Parkinson dan Alzheimer. Dalam beberapa tahun terakhir, para ilmuwan telah mengembangkan sistem teknologi informasi dan komunikasi lengkap yang menggunakan perangkat pintar, Internet of Things (IoT), dan sensor pencitraan untuk membantu pasien Parkinson dan Alzheimer hidup lebih mandiri. Interpretasi data menyediakan deteksi dini dan pencegahan masalah kesehatan. Struktur ini mencakup pengumpulan data dan fusi multimoda untuk memunculkan data kesehatan yang relevan, menganalisis informasi, dan memastikan ide-ide yang bermanfaat. Model ini mengumpulkan sinyal dari berbagai sumber di lingkungan pemantauan kesehatan, memahami perilaku dan konten pengguna, dan memicu perilaku yang tepat untuk meningkatkan kualitas hidup pasien. Pada Gambar 3.10, arsitektur subsistem pelacakan kesehatan tingkat rendah diilustrasikan.

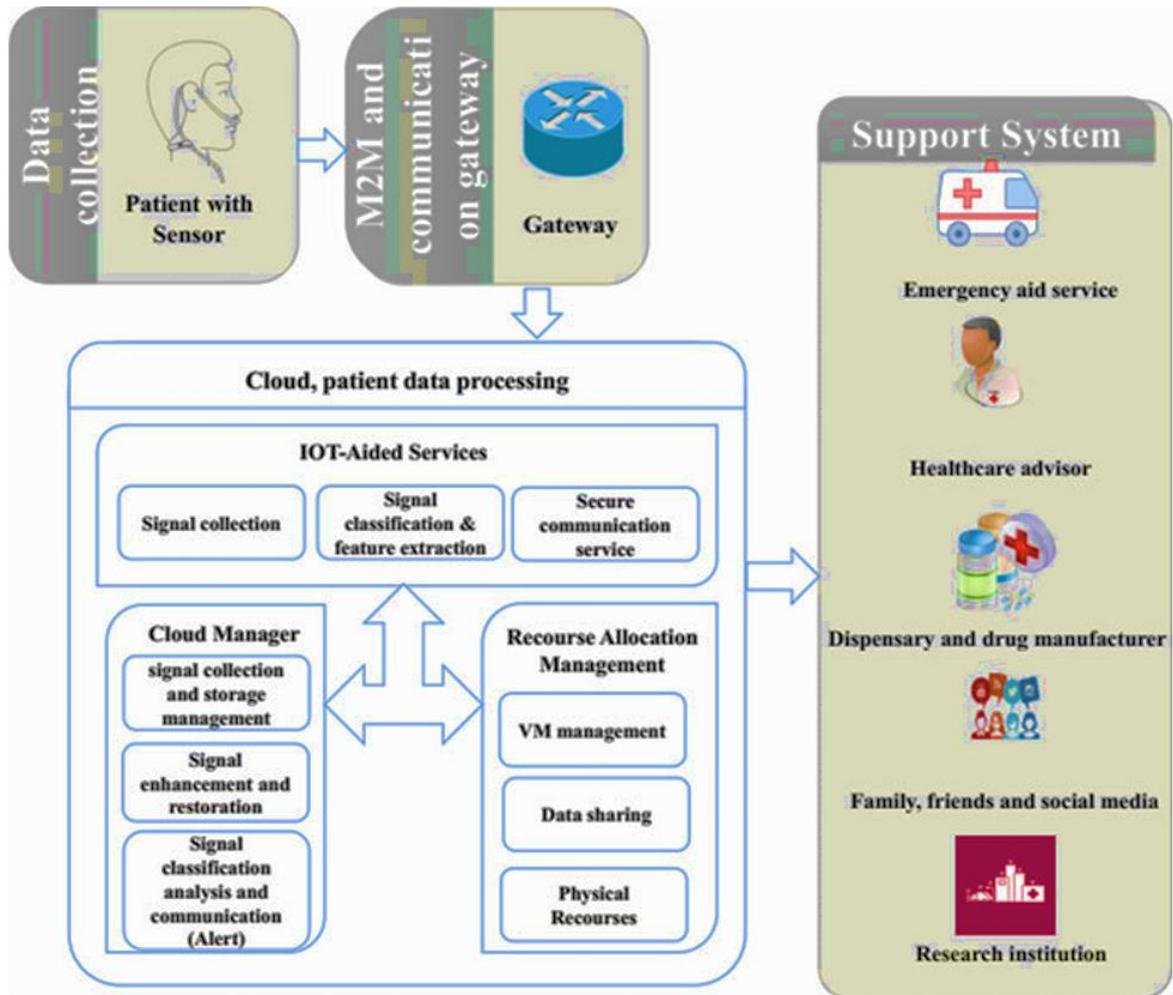


**Gambar 3.10. Ilustrasi subsistem pelacakan kesehatan tingkat rendah**

#### *Sistem Pemantauan Asma*

Asma adalah penyakit paru-paru jangka panjang yang terjadi pada individu dengan pembengkakan dan sesak napas di paru-paru yang terjadi beberapa kali sehari atau seminggu. Penyakit ini lebih umum terjadi pada anak-anak dan jumlah kematian pada anak-anak lebih tinggi daripada pada orang tua. Menurut WHO, lebih dari 235 juta orang di seluruh dunia menderita asma. Pemantauan layanan kesehatan berbasis IoT kini dapat memainkan peran penting dalam perawatan pasien dengan mengadaptasi berbagai sensor dan peralatan yang saling terhubung; teknologi cloud dan sistem big data digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan memantau informasi pasien. Integrasi sistem ini dapat menciptakan teknologi pemantauan pasien layanan kesehatan yang cerdas.

Program yang direkomendasikan akan dapat mentransfer informasi pasien dengan aman di antara peserta yang berbeda. Sistem ini hanya dapat digunakan oleh tim/kelompok pemantauan kesehatan yang berwenang. Bagian cloud dari sistem ini membantu menganalisis, menyimpan, memantau, dan memberikan rekomendasi pasien untuk saran medis dan penilaian tambahan guna mengurangi kesalahan rumah sakit dan memastikan layanan kesehatan standar. Gambar di bawah ini (Gambar 3.11) menunjukkan gambaran pemantauan kesehatan berbasis IoT untuk pasien penyakit asma.



**Gambar 3.11. Pemantauan pernapasan pasien.**

### *Teknologi Lensa Kontak Terhubung*

Mata merupakan organ tubuh manusia yang bersentuhan langsung dengan dunia luar, sejak bangun tidur hingga tertidur. Mata menghadapi banyak masalah dalam kehidupan sehari-hari, seperti debu, kotoran, polusi udara, gesekan dan dorongan jari. Kadang-kadang, mata bertemu dengan benda yang rusak dan tetap dapat berfungsi. Ya, mata mengalami semua masalah ini.

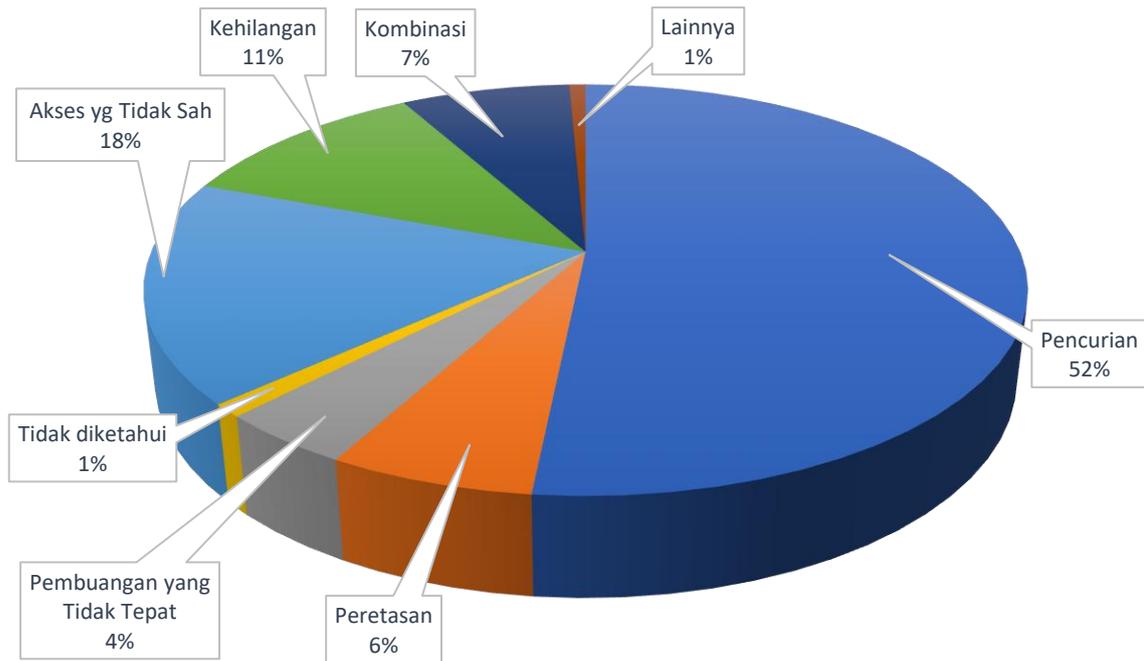
Mata bahkan mengandung satu bagian tubuh manusia yang tidak memiliki aliran darah sendiri. Air mata basal - air mata konstan yang membentuk lapisan tipis di atas bola mata - penuh dengan kelembapan dan nutrisi yang penting untuk menjaga mata tetap berfungsi dengan baik. Sebuah kelompok penelitian di Universitas Purdue di Indiana telah menemukan cara baru untuk menggabungkan lensa kontak dan teknologi sensor guna membantu memantau status gula darah seseorang. Penemuan saat ini merupakan kemajuan penting untuk membantu penderita diabetes mengendalikan kondisinya. Universitas Purdue bukanlah lembaga pertama yang mencoba menciptakan teknologi lensa kontak cerdas. Banyak nama dalam industri teknologi dan kesehatan mencoba memproduksi lensa kontak cerdas yang dapat digunakan untuk membantu penderita diabetes melacak kadar gula darah mereka.

Pada tahun 2014, Google Life Sciences melaporkan bahwa mereka akan menyempurnakan lensa kontak cerdas yang dapat mengukur glukosa air mata dan memberi tahu penderita diabetes ketika kadar gula darah mereka turun (atau naik) di bawah ambang batas tertentu (sistem peringatan dini). Untuk proyek tersebut, perusahaan tersebut menjalin kemitraan dengan Alcon, divisi perawatan mata dari perusahaan farmasi Novartis.

Sementara semua ini terjadi, proyek tersebut menuai banyak reaksi dari para peneliti yang percaya bahwa gagasan mengukur kadar gula darah melalui air mata tidak ilmiah. Namun, hasilnya, mereka terbukti benar. Pada bulan November 2018, Verily menyetujui bahwa proyek tersebut sedang ditunda. Namun, implementasi medis lain untuk lensa kontak cerdas dapat lebih berkembang. Verily saat ini tengah bekerja sama dengan Alcon dalam dua program lensa cerdas untuk mengobati presbiopia (rabun jauh yang disebabkan oleh hilangnya fleksibilitas lensa) dan pemulihan pascaoperasi katarak. Perusahaan Swiss dengan nama Sensimed telah menyempurnakan sistem lensa kontak cerdas non-invasif yang disebut Triggerfish yang secara otomatis merekam perubahan dimensi mata yang dapat menyebabkan penyakit glaukoma.

#### *Masalah Keamanan dan Privasi E-Health Berbasis IoT*

Implementasi IoT sering kali memerlukan perubahan dramatis dalam sistem, arsitektur, dan komunikasi yang harus fleksibel, adaptif, aman, dan umum tanpa intervensi. Para ahli memperkirakan bahwa teknologi IoT akan menghasilkan peningkatan penting dalam etika, perlindungan data, arsitektur teknis, standar, identifikasi objek jaringan, dan tata kelola. Dengan kata lain, karena perangkat yang lebih pintar terhubung ke Internet, implikasi privasi potensial yang terkait dengan manajemen kunci yang buruk dan ketidakcocokan data serta rasa aman yang salah secara umum menjadi kritis. Oleh karena itu, keamanan (perlindungan data dan privasi) merupakan komponen penting untuk memastikan adopsi teknologi dan praktik IoT secara luas. Laporan pelanggaran resmi dari tahun 2009 hingga 2013 menyajikan risiko keselamatan bagi para profesional Teknologi Informasi perawatan kesehatan pada Gambar 3.12.



**Gambar 13.2. Perlindungan data dan risiko privasi untuk sistem Profesional TI perawatan kesehatan**

Berbagai jenis serangan keamanan telah direkomendasikan untuk sistem perawatan kesehatan yang dilaporkan dalam Sistem perawatan kesehatan elektronik seperti:

1. Serangan penyamaran.
2. Serangan pada perangkat medis yang dapat dikenakan dan ditanamkan.
3. Serangan komunikasi yang digabungkan dengan tubuh (BCC).
4. Serangan akuntabilitas dan pencabutan.
5. Serangan injeksi data.
6. Serangan privasi.
7. Serangan intra-cloud dan cloud eksternal.
8. Serangan analisis lalu lintas (TA).

Perkembangan teknologi dan Internet yang sangat pesat telah menyebabkan peningkatan penerapan solusi dan metode teknologi baru secara global. Dengan munculnya konsep Internet of Things, isu-isu seperti sensor dan jaringan sensor telah tersedia dan berlaku di semua bidang aktivitas manusia. Dengan demikian, kondisi untuk menciptakan sistem IoT yang paling efisien telah disiapkan kapan saja, di mana saja. Selain tren ini, praktik yang sangat diperlukan adalah penyediaan layanan kesehatan yang dapat ditemukan dengan cara yang lebih personal, tepat waktu, dan lebih nyaman untuk pemantauan, diagnosis, dan perawatan kesehatan. Hasilnya, ketersediaan dan kualitas perawatan dapat ditingkatkan seiring dengan pengurangan biaya, yang secara signifikan meningkatkan kesehatan. Mungkin, IoT tidak dapat menyediakan perawatan rehabilitasi atau menghasilkan sumber daya medis baru dalam industri perawatan kesehatan, menghadapi informasi yang sangat banyak dan kompleksitas yang ekstrem. Namun, IoT dapat menawarkan perawatan yang lebih cepat dan lebih efektif

berdasarkan diagnosis pasien yang cepat dan pembuatan terapi rehabilitasi diagnostik yang lebih efektif.

### **3.5 RINGKASAN**

Seiring berkembangnya teknologi dan Internet dengan cepat, solusi teknologi global memandu orang melalui aplikasi baru. Sebagaimana dibuktikan oleh contoh-contoh dalam studi ini, revolusi IoT telah dimulai di banyak layanan kesehatan sejak lama.

Dengan munculnya konsep Internet of Things, topik dan penemuan seperti sensor dan jaringan sensor menjadi tersedia di semua bidang aktivitas manusia. Dengan demikian, akan dipastikan untuk menciptakan sistem pakar yang dapat bekerja kapan saja dan di mana saja. Semua situasi ini akan meningkatkan sistem kesehatan secara signifikan dengan biaya yang lebih rendah. Banyak teknologi, seperti aplikasi seluler, perangkat pintar, biosensor, perangkat yang dapat dikenakan, asisten virtual di rumah, sistem perekaman medis elektronik berbasis blockchain, analisis data, memulai era baru dalam sistem perawatan kesehatan. Di masa mendatang, semua layanan ini akan dapat memvirtualisasikan beberapa langkah perawatan kesehatan, menghubungkan perangkat, dan membuat gerakan ke topik Pengobatan yang Dipersonalisasi (PM). Sistem IoT dapat mengubah dan meningkatkan banyak hal di sektor kesehatan. Semua Teknologi yang dijelaskan di atas meningkatkan produk, meningkatkan kepuasan pasien, dan menyatukan semua perubahan kecil lainnya, sehingga menghasilkan dampak yang lebih besar. Penelitian ini akan sangat berguna bagi para peneliti yang tertarik mempelajari berbagai aspek IoT dan perangkat pintar dalam perawatan kesehatan.

## **BAB 4**

### **INTERNET OF THINGS DALAM LOGISTIK BENCANA**

Operasi logistik dapat dilakukan dengan sangat efisien dan andal dengan teknologi internet of things. Teknologi ini meningkatkan nilai tambah aktivitas logistik dan memperluas manfaatnya dalam rantai pasokan. Aktivitas logistik merupakan prasyarat mutlak dalam manajemen bencana. Penggunaan internet of things secara aktif selama tahap kesiapsiagaan bencana, selama bencana, dan setelah bencana, dalam manajemen gudang dan material, manajemen armada dan transportasi merupakan tonggak penting teknologi yang akan sangat meningkatkan produktivitas. Aturan tempat yang tepat, waktu yang tepat, jumlah yang tepat, kualitas yang tepat, dan harga yang tepat dikenal sebagai aturan 5 Benar dalam logistik. Dalam logistik bencana, hanya harga yang dikecualikan dari aturan ini karena tidak menjadi masalah jika menyangkut nyawa manusia. Pendekatan strategis, yang disediakan oleh teknologi IoT, adalah kunci untuk menjalankan aturan 5 Benar secara efisien dalam logistik bencana.

#### **4.1 PENDAHULUAN**

Manusia yang siap membangun koloni di luar angkasa dan telah mencapai perkembangan teknologi yang luar biasa tidak mampu menghadapi bencana alam. Karena bencana alam adalah peristiwa yang waktu, tingkat keparahan, dan dampaknya tidak pasti. Meskipun manusia juga yang paling terpengaruh oleh bencana itu sendiri, kini sebagian besar bencana berasal dari tindakan manusia itu sendiri. Saat ini, jumlah bencana yang disebabkan oleh manusia telah meningkat sedemikian rupa sehingga menantang bencana alam. Perubahan iklim, perang, epidemi, migrasi hampir menjadi bencana yang disebabkan oleh manusia yang terus-menerus kita alami. Meskipun jumlah, jenis, tingkat keparahan, dan dampak bencana meningkat, produktivitas dan dampak teknik dan kegiatan pencegahan bencana juga meningkat.

Bencana dalam definisi paling umum yang diterima oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa; semua jenis peristiwa alam, teknologi, atau yang berorientasi pada manusia yang menyebabkan kerugian fisik, ekonomi, dan sosial bagi manusia, memengaruhi masyarakat dengan menghentikan atau mengganggu kehidupan normal dan tidak dapat mengatasi peluang lokal. Aktivitas logistik merupakan prasyarat mutlak dalam manajemen bencana dan merupakan isu strategis. Manajemen logistik yang sukses diperlukan untuk mengurangi risiko bencana, mengelola operasi yang efektif dan efisien.

Penelitian terkait bencana semakin banyak dilakukan dalam literatur. Akan tetapi, tidak mungkin untuk mengatakan bahwa penelitian tentang logistik bencana meningkat dengan kecepatan yang sama. Ada banyak penelitian tentang logistik kemanusiaan dan pemilihan lokasi gudang logistik bantuan kemanusiaan dalam lingkup logistik bencana dan beberapa yang paling mencolok di antaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh penulis. Logistik bencana sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia dan karenanya sangat penting. Proses logistik bencana tidak memiliki pilihan selain menjadi efisien, efektif, dan pada

akhirnya berhasil. Karena sebagai akibatnya, penyelamatan nyawa manusia dipertanyakan. Oleh karena itu, perlu untuk memanfaatkan semua komponen teknologi. Hasil yang efektif dan efisien dapat dicapai pada proses logistik bencana dengan menggunakan banyak perkembangan seperti teknologi seluler, perangkat lunak kecerdasan buatan, robot humanoid, dan teknologi Internet of Things (IoT). Dalam studi ini, kami akan memfokuskan dampak penggunaan teknologi IoT pada proses logistik bencana pada produktivitas.

## 4.2 MANAJEMEN LOGISTIK

Saat ini, dalam lingkungan persaingan tanpa henti yang diciptakan oleh perubahan cepat dan globalisasi, bisnis membutuhkan jaringan distribusi yang sangat baik agar dapat berada dalam posisi yang baik di pasar nasional dan internasional. Pada saat yang sama, kecepatan perubahan yang memusingkan dalam teknologi informasi telah mengubah keinginan dan harapan pelanggan. Perkembangan ini semakin meningkatkan pentingnya logistik. Logistik hadir dalam semua aktivitas manajemen dan distribusi dalam rantai pasokan, dari pasokan bahan baku hingga lingkungan produksi, dari penyelesaian produk akhir hingga saluran distribusi dan pelanggan.

### Konsep Logistik

Logistik hanyalah sebuah aliran dan dapat maju atau mundur. Logistik menggabungkan elemen "pergerakan" yang memungkinkan perusahaan dan lembaga untuk bergerak maju. Dengan kata lain, tanpa logistik, pergerakan barang dan jasa tidak mungkin dilakukan, pengiriman tidak dapat dilakukan, dan tidak ada operasi yang terkait dengan pergerakan ini yang dapat dilakukan. Ada banyak definisi konsep logistik dalam sumber daya. Yang paling komprehensif adalah;

Menurut *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*; “Logistik mengacu pada proses perencanaan, penerapan, dan pengendalian aliran dan penyimpanan barang, layanan, dan informasi terkait yang efisien dan efektif dari titik asal ke titik konsumsi sambil memenuhi persyaratan pelanggan.”

Definisi yang dibuat oleh *Council of Logistics Management (CLM)* adalah yang paling banyak dikutip dan seperti di bawah ini; Logistik bertindak dua arah dengan cara yang efektif dan efisien, menyimpan, merencanakan bahan, layanan pengiriman, dan aliran informasi dalam rantai pasokan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dari titik tempat produk diproduksi hingga titik konsumsi tempat penggunaan akhir tersedia dan merupakan bagian dari proses rantai pasokan yang mengendalikannya.

Menurut Demir (2008), Logistik adalah proses yang merencanakan, mengimplementasikan, dan mengendalikan produktivitas aliran dan penyimpanan material, stok dalam produksi, produk jadi, layanan terkait, dan informasi, dari titik produksi ke titik konsumsi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

Menurut *Council of Supply Chain Management Professionals*; “Logistik adalah proses perencanaan, implementasi, dan pengendalian aliran dan penyimpanan barang, layanan, dan informasi terkait yang efisien dan efektif dari titik asal ke titik konsumsi untuk tujuan memenuhi persyaratan pelanggan.”

Menurut Ertugut dan Coşkun (2009), Logistik, dalam pengertian yang paling sederhana, berarti aliran barang dan layanan yang efektif.

Menurut Pfohl dan Zöllner (1997), Logistik adalah desain struktural tugas dari pemasok ke konsumen agar perencanaan dan pengendalian kinerja, penanganan material, penyimpanan, dan prosedur pengemasan semua aktivitas transportasi terpenuhi dengan cara yang mencakup aliran informasi di antara aktivitas tersebut.

Berdasarkan semua definisi ini, kita dapat mendefinisikan logistik. Logistik adalah serangkaian proses yang memenuhi semua operasi yang diperlukan yang menyediakan pergerakan bahan baku, material, produk, layanan, dan informasi dari titik produksi ke titik konsumsi/penggunaan dengan cara yang memenuhi kebutuhan dan harapan para pemangku kepentingan.

### **Konsep Manajemen Logistik**

Pentingnya manajemen logistik meningkat dari hari ke hari. Manajemen logistik yang efektif memiliki banyak dampak penting bagi perusahaan seperti mengurangi biaya, meningkatkan kualitas, dan memastikan kepuasan pelanggan. Karena alasan ini, manajemen logistik telah menjadi isu yang sangat diperlukan dan strategis bagi bisnis dalam beberapa tahun terakhir.

Untuk dapat mengelola suatu konsep/fenomena, konsep/fenomena tersebut harus dapat diidentifikasi, dapat direproduksi, terus ditingkatkan, memiliki pemilik yang ditunjuk, dan kinerjanya harus diukur dan dievaluasi. Berdasarkan informasi tersebut dan definisi logistik, kita dapat mendefinisikan manajemen logistik: Manajemen logistik adalah pemindahan bahan baku, material, produk, layanan, dan informasi dari titik produksi ke titik konsumsi dengan cara yang memenuhi kebutuhan dan harapan para pemangku kepentingan, serta mencakup pula aktivitas seperti perencanaan strategis, perencanaan dan pengendalian kinerja, penyimpanan, dan peningkatan selama transportasi. Menurut Council of Supply Chain Management Professionals, manajemen logistik dianggap sebagai bagian dari Manajemen Rantai Pasokan dan didefinisikan sebagai: “Manajemen logistik adalah bagian dari manajemen rantai pasokan yang merencanakan, mengimplementasikan, dan mengendalikan aliran maju dan mundur yang efisien dan efektif serta penyimpanan barang, layanan, dan informasi terkait antara titik asal dan titik konsumsi untuk memenuhi persyaratan pelanggan”.

### **4.3 MANAJEMEN LOGISTIK DALAM BENCANA**

Meskipun diterima bahwa bencana sering kali berkembang di luar kendali manusia, di dunia saat ini, bencana yang meningkat terkait dengan alasan seperti perkembangan teknologi dan perusakan lingkungan secara tidak sadar oleh manusia, mulai menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari.

Menurut definisi yang dibuat oleh Otoritas Manajemen Bencana dan Darurat Republik, bencana adalah peristiwa alam, teknologi, atau yang disebabkan oleh manusia yang menyebabkan kerugian fisik, ekonomi, dan sosial bagi semua atau sebagian masyarakat dan menghentikan atau mengganggu kehidupan normal dan aktivitas manusia. Definisi yang

dibuat oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa hampir identik dengan definisi Otoritas Penanggulangan Bencana dan Kedaruratan Republik Turki. Disiplin Manajemen Bencana telah diciptakan karena kebutuhan seperti manajemen bencana dan meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh bencana dan mengembangkan metode pencegahan bencana. Manajemen bencana adalah proses yang dinamis dengan koefisien risiko yang sangat tinggi. Fokus manajemen bencana adalah untuk mengurangi risiko bahaya yang ada dan membuat rencana untuk meminimalkan risiko yang mungkin ditimbulkan oleh potensi bahaya. Aktivitas logistik merupakan syarat mutlak manajemen bencana dan logistik sama pentingnya dan strategisnya dengan operasi lainnya. Selain operasi penyelamatan selama bencana, pengiriman makhluk hidup yang diselamatkan juga penting. Penyelesaian operasi penyelamatan yang berhasil juga bergantung pada keberhasilan dukungan logistik. Manajemen darurat dan bencana tidak mungkin berhasil tanpa aktivitas logistik.

### **Perbedaan Antara Logistik Bencana dan Logistik Bisnis**

Logistik bencana berbeda dari logistik bisnis dalam banyak hal. Perbedaan paling signifikan antara keduanya adalah tujuan akhir logistik bisnis adalah untuk memperoleh laba, sedangkan tujuan logistik bencana adalah untuk membantu orang-orang yang menderita bencana dan menyelamatkan nyawa mereka. Pemasok dan lokasi produksi biasanya telah ditentukan sebelumnya atau setidaknya dapat diprediksi dalam logistik bisnis, tetapi semua faktor ini tidak pasti dalam logistik bencana. Dalam logistik bencana, tidak dapat diprediksi kegiatan berskala besar mana yang akan terjadi. Hal ini dapat menimbulkan kendala yang tidak biasa dalam berbagai operasi darurat. Ada ketidakpastian yang besar tentang permintaan dan pasokan. Dalam hal struktur jaringan pasokan, logistik bencana dapat mencakup banyak pelaku yang telah ditentukan sebelumnya dan tidak terhubung dengan jelas satu sama lain. Dalam hal ini juga, logistik bencana berbeda dari logistik bisnis. Kegiatan dalam proses logistik bencana terus berlanjut dalam kondisi lingkungan yang memiliki infrastruktur yang tidak stabil. Selain itu, tidak mungkin untuk meramalkan bahwa banyak bencana alam akan terjadi. Sangat sulit untuk mengantisipasi permintaan yang mungkin muncul dan memenuhinya dalam waktu singkat. Hal ini biasanya memerlukan pasokan dalam jumlah besar ke daerah bencana.

### **Proses Logistik Bencana**

Proses logistik bencana ditangani secara berbeda dalam literatur. Klasifikasi yang paling sederhana dan paling banyak digunakan membagi proses logistik bencana menjadi tiga sebagai berikut;

1. Kesiapsiagaan prabencana (Perencanaan, pembelian, transportasi, penyimpanan, pengembangan sumber daya manusia, pelaporan)
2. Tanggap bencana (Aplikasi)
3. Aktivitas pascabencana (Pemantauan, evaluasi, pelaporan, perbaikan)

Proses-proses ini juga mirip dengan siklus *Plan – Do – Check – Act* (PDCA) yang dikenal sebagai siklus perbaikan berkelanjutan Deming. Tidak boleh ada kesalahan dan kekurangan dalam manajemen bencana dan proses logistik bencana karena hasilnya terkait dengan kehidupan manusia. Oleh karena itu, fungsi perbaikan berkelanjutan sangat penting untuk proses yang bebas dari kesalahan. Tahapan yang paling banyak mempengaruhi produktivitas dalam proses

logistik bencana adalah kesiapsiagaan prabencana dan respons pascabencana. Dalam kesiapsiagaan prabencana, hasil yang efisien dalam praktik dapat dicapai dengan rencana yang efektif yang juga memuat pendidikan sumber daya manusia. Pada saat yang sama, kegiatan pascabencana meliputi peninjauan operasi yang dilakukan setelah bencana, pelaksanaan analisis kesenjangan untuk mengevaluasi kinerjanya, dan memulai studi perbaikan. Studi-studi ini tentu saja memiliki efek positif pada produktivitas dan efektivitas.

#### *Logistik Periode Kesiapsiagaan Prabencana*

Memahami pentingnya logistik kesiapsiagaan prabencana tidaklah sulit karena mencakup perencanaan, pembelian, transportasi, manajemen gudang, pengembangan sumber daya manusia, dan pelaporan semua kegiatan. Membuat persiapan dan rencana yang dibuat sebelum bencana secara akurat dan lengkap, mempengaruhi keberhasilan semua kegiatan logistik dan bahkan manajemen bencana. Karena urat nadi manajemen bencana adalah logistik bencana.

#### *Logistik Saat Bencana*

Secel kecil apapun gangguan atau kesalahan dalam kegiatan logistik saat terjadi bencana akan berdampak buruk pada keberhasilan penanggulangan bencana. Masalahnya bukan hanya kegagalan, tetapi yang terpenting adalah mencakup kegiatan yang dapat menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu, logistik saat terjadi bencana sangat penting.

#### *Logistik Pascabencana*

Layanan logistik pascabencana adalah kegiatan yang dilakukan untuk melakukan perbaikan dan mencoba menghilangkan kerusakan. Tahap ini penting untuk memperpendek waktu kembali ke kehidupan normal pascabencana dan untuk memulihkan keadaan.

Loree dan Aros-Vera (2018) mengusulkan Lokasi Titik Distribusi dan Model Manajemen Inventaris untuk Logistik Kemanusiaan Pascabencana dan pandangan mereka tentang logistik pascabencana adalah sebagai berikut; "Tujuan Logistik Kemanusiaan Pascabencana (PD-HL) adalah untuk mengirimkan pasokan penting kepada para penyintas guna mengurangi penderitaan manusia dan hilangnya nyawa setelah bencana. Hal ini sering terjadi di daerah yang telah lumpuh akibat dampak bencana yang merusak yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur, populasi yang mengungsi, dan gangguan dalam fungsi sumber-sumber barang penting tradisional. Air, makanan, obat-obatan, dan pasokan penting lainnya harus berasal dari respons terkoordinasi oleh lembaga lokal dan nasional termasuk organisasi bantuan pemerintah dan nonpemerintah. Lingkungan yang sangat kompleks dan dinamis ini menciptakan kesulitan dalam memberikan respons yang efektif dan tepat waktu kepada populasi yang terkena dampak."

Untuk mengatasi kesulitan-kesulitan ini dan mencapai hasil yang efektif dan efisien, tindakan pencegahan seperti berikut harus diambil;

- Menjadi ujung ke ujung dan menerapkan rencana logistik prabencana,
- Meninjau secara berkala dan memperbarui rencana logistik prabencana,
- Memulai studi perbaikan untuk rencana logistik setelah bencana,
- Memanfaatkan teknologi di semua tahap proses logistik,

- Memberikan kesadaran kepada sumber daya manusia yang berpotensi terkena dampak bencana (e-learning),
- Pelatihan berkala bagi sumber daya manusia yang ditugaskan di layanan logistik selama bencana (e-learning).

Tiga item pertama di atas sebenarnya menggambarkan “manajemen strategis dalam logistik bencana”. Manajemen strategis adalah gaya manajemen yang mengandung pengembangan dalam dirinya sendiri dan bersifat dinamis. Jika sebuah organisasi memiliki pendekatan manajemen strategis, perencanaan merupakan proses “teknis” yang berfungsi sebagai bagian dan sarana dari proses tersebut. Diperlukan penyusunan dan pengelolaan rencana dengan pendekatan strategis guna mencapai hasil yang efektif dan produktif dalam logistik bencana. Pada saat yang sama, pemanfaatan teknologi dalam logistik bencana akan meningkatkan kualitas operasi. Karena kualitasnya adalah melakukan pekerjaan dengan benar dan cepat sejak awal. Teknologi memberi kita hal itu. Namun, teknologi juga harus digunakan di tempat yang tepat dan oleh orang-orang yang berkualifikasi. Hasil yang sukses dan produktif dicapai dengan menggunakan pendidikan teknologi (e-learning) untuk meningkatkan kualitas manusia dan menciptakan kesadaran massa.

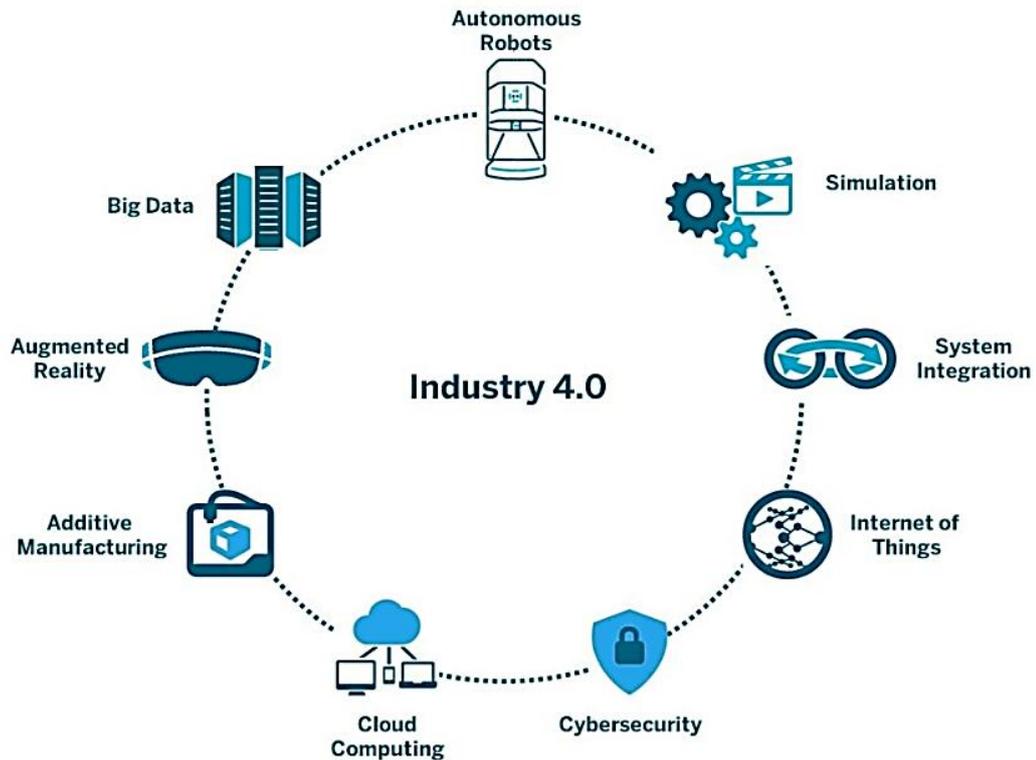
#### *Logistik Bantuan Kemanusiaan*

Kegiatan logistik harus memberikan kontribusi positif terhadap kualitas hidup dan dampak negatifnya terhadap lingkungan dan manusia harus diminimalkan. Dalam konteks ini, logistik bantuan kemanusiaan sepenuhnya sesuai dengan tujuan logistik.

Sangat penting untuk menjangkau makhluk hidup yang terkena dampak bencana secara efektif dan efisien. Konsep seperti produktivitas dan efektivitas sangat penting dalam situasi seperti ini yang mempertaruhkan nyawa manusia. Para pengambil keputusan perlu memastikan untuk memperoleh informasi tentang peristiwa atau situasi yang mereka butuhkan dalam proses pengambilan keputusan dan yang sangat penting bagi manusia, dengan cara yang sangat cepat, tepat, sistematis, teratur, dan dapat dianalisis. Saat ini, teknologi seluler sangat berkembang dan ini merupakan peluang penting bagi logistik bantuan kemanusiaan. Sistem perekaman seluler, sistem pengumpulan data seluler, alat pelaporan lapangan seluler, dll. merupakan bagian yang tak terpisahkan dari logistik bantuan kemanusiaan. Pemanfaatan peluang yang disediakan oleh teknologi sistem informasi geografis, yang menyediakan pelacakan orang dan kendaraan berbasis lokasi, di berbagai bidang seperti logistik, distribusi, pergudangan, dan manajemen stok telah menjadi salah satu kegiatan rutin perusahaan.

#### **4.4 INTERNET OF THINGS (IOT)**

Seperti yang dapat dilihat juga dari Gambar 4.1, Industri 4.0 dicirikan oleh IoT, komputasi awan, robot otonom, simulasi, integrasi sistem, keamanan siber, manufaktur aditif, realitas tertambah, dan big data. IoT merupakan komponen yang sangat penting bagi Industri 4.0. IoT adalah koneksi semua objek fisik ke internet dan berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan yang konsisten.



**Gambar 4.1. Industri 4.0**

Istilah internet of things pertama kali digunakan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dalam presentasi yang ia buat untuk Procter & Gamble (P&G). Kevin Ashton (2009) mengatakan hal berikut tentang IoT dalam artikelnya; “Jika kita memiliki komputer yang mengetahui segala hal yang perlu diketahui tentang berbagai hal—menggunakan data yang dikumpulkannya tanpa bantuan apa pun dari kita—kita akan dapat melacak dan menghitung semuanya, dan sangat mengurangi pemborosan, kerugian, dan biaya. Kita akan tahu kapan suatu hal perlu diganti, diperbaiki, atau ditarik kembali, dan apakah hal tersebut masih baru atau sudah tidak bagus lagi”.

Kita perlu memberdayakan komputer dengan cara mereka sendiri untuk mengumpulkan informasi, sehingga mereka dapat melihat, mendengar, dan mencium dunia sendiri, dalam semua kemegahannya yang acak. Teknologi RFID dan sensor memungkinkan komputer untuk mengamati, mengidentifikasi, dan memahami dunia—tanpa batasan data yang dimasukkan manusia. Internet of Things berpotensi mengubah dunia, seperti halnya Internet. Mungkin bahkan lebih dari itu”. Seperti yang dapat dilihat, kepentingan strategis IoT sangat tinggi.

Definisi IoT dari Lee dan Lee (2015) adalah sebagai berikut; “Internet of Things (IoT), juga disebut Internet of Everything atau Internet Industri, adalah paradigma teknologi baru yang dibayangkan sebagai jaringan global mesin dan perangkat yang mampu berinteraksi satu sama lain. IoT diakui sebagai salah satu area terpenting teknologi masa depan dan mendapatkan perhatian besar dari berbagai industri.”. Pemikirannya tentang IoT adalah sebagai berikut; “Internet of Things adalah revolusi teknologi yang mewakili masa depan komputasi dan komunikasi. Sekarang ia bertransformasi secara radikal dan siap menjadi

sepenuhnya invasif, interaktif, dan cerdas. IoT akan memungkinkan bentuk-bentuk komunikasi baru antara orang dan benda, dan antara benda dan benda lainnya.”

Definisi dan cakupan IoT tidak hanya terbatas pada hal-hal yang berbasis pada teknologi RFID, tetapi cakupannya telah sangat diperluas. Karena dengan zaman komunikasi saat ini, semua objek dan komunikasi di antara mereka juga telah berubah. Namun, kita tidak dapat mengabaikan pentingnya strategis teknologi RFID. Karena “Dengan kode dua dimensi atau RFID kita dapat mengidentifikasi objek tertentu, dan membedakan objek individual. Misalnya dalam kehidupan kita menggunakan berbagai kartu pintar, dan label kode batang untuk mendapatkan informasi identifikasi objek. Selain itu, dengan tag pintar kita bisa mendapatkan informasi lain dari objek, seperti jumlah saldo pada kartu pintar, atau alamat dan nama jaringan”. Secara khusus, kita dapat mengatakan bahwa teknologi RFID memiliki dampak signifikan pada operasi logistik.

### **Aplikasi IoT dalam Logistik dan Dampaknya terhadap Produktivitas**

Perubahan besar dalam kehidupan manusia terus berlanjut dengan perkembangan kecerdasan buatan, IoT, dan komputasi awan yang sebagian besar menjadi agenda revolusi industri terkini (Industri 4.0), dan teknologi seluler yang sejalan dengan perkembangan ini. Perubahan ini telah menghasilkan hasil yang efisien, efektif, dan menguntungkan bagi perusahaan.

Perusahaan dapat lebih meningkatkan produktivitas, profitabilitas, dan mempercepat operasi mereka dengan solusi yang mereka rancang untuk proses mereka sendiri menggunakan Internet of Things (IoT). Ketika solusi IoT yang tepat tersedia, perusahaan dapat menghubungkan semua perangkat melalui jaringan awan pusat dan menangkap serta berbagi data penting untuk mencapai visibilitas operasi mereka secara real-time.

Seperti di semua sektor, aplikasi IoT dalam Logistik juga memberikan hasil peningkatan produktivitas dan kinerja, dan kami percaya bahwa hal itu akan lebih berkembang dan memberikan manfaat. Informasi tentang apa yang mungkin terjadi di masa depan dan praktik saat ini adalah sebagai berikut; Dapat dikatakan bahwa manajemen transportasi dan manajemen pergudangan berada di pusat perusahaan logistik. Pelacakan waktu nyata dari informasi kuantitas dan tanggal terkini dari bahan-bahan di gudang, peralatan logistik, peralatan, dan semua data inventaris dapat dilakukan dengan cara yang sangat sederhana/fungsional dengan IoT. Karena gudang logistik berada di pusat sistem logistik dan memiliki kepentingan kritis, sangat penting bahwa informasi gudang diperbarui dan kebutuhan dapat segera ditanggapi. Oleh karena itu penggunaan IoT serta penyimpanan dan berbagi data di cloud berdampak positif pada produktivitas operasi logistik. Implementasi seperti menggunakan rute kendaraan (armada) yang paling efisien (jauh dari lalu lintas, perbaikan jalan, dan kecelakaan) dalam manajemen transportasi, meminimalkan waktu berhenti, memilih kombinasi kendaraan yang meningkatkan produktivitas operasional, membuat dan mengikuti program pemeliharaan yang efektif, dapat dilakukan dengan IoT. Karena teknologi RFID dan sensor memungkinkan komputer untuk mengamati, mengidentifikasi, dan memahami dunia tanpa membatasi data yang dimasukkan orang, bisnis dapat melacak aset dan inventaris mereka secara real time melalui tag pintar dan kartu pintar.

Teknologi ini memungkinkan bisnis lebih cepat menghilangkan kesalahan dalam operasi mereka atau menjalankan operasi mereka tanpa kesalahan.

Masalah terpenting dalam pengambilan keputusan adalah keandalan data. Perusahaan logistik dapat merekam semua data dalam proses mereka menggunakan teknologi RFID dan IoT serta menggunakannya secara real time. Hal ini memberikan kemudahan akses ke data yang andal dan juga memengaruhi pengambilan keputusan yang akurat dan cepat. Sementara itu, kecerdasan buatan harus digunakan dalam pengambilan keputusan. Data real-time dan andal memberikan manajemen kinerja menyeluruh. Dengan kata lain, kinerja ditingkatkan dengan tindak lanjut segera atas masalah (dengan IoT), keputusan yang tepat (dengan AI), perbaikan yang dimulai segera (dengan AI). Kemudian produktivitas meningkat, singkatnya peningkatan besar pada produktivitas dapat dicapai dengan kombinasi IoT dan AI. Dengan demikian, hasil yang sukses dapat diperoleh melalui rencana strategis di perusahaan logistik.

Dengan kata lain, berbagi informasi dengan menggunakan IoT antar mesin meminimalkan intervensi dan kesalahan manusia, sehingga produktivitas dan kinerja perusahaan secara real-time dapat dipantau. Karena alasan ini, aplikasi IoT dalam logistik memberikan kemudahan, sederhana, dan fungsional.

#### **Aplikasi IoT dalam Logistik Bencana dan Dampaknya terhadap Produktivitas**

Manajemen bencana bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan akibat bencana, memberikan bantuan segera dan tepat kepada korban, serta memberikan perbaikan yang efektif dan cepat. Tujuan-tujuan ini memerlukan operasi penyelamatan yang terencana dan efektif setelah bencana tersebut. Oleh karena itu, berbagai jenis informasi yang terkait dengan dampak bencana diperlukan untuk merencanakan operasi bantuan bencana yang efektif dan segera. Teknologi IoT saat ini berpotensi sangat berguna jika terjadi bencana.

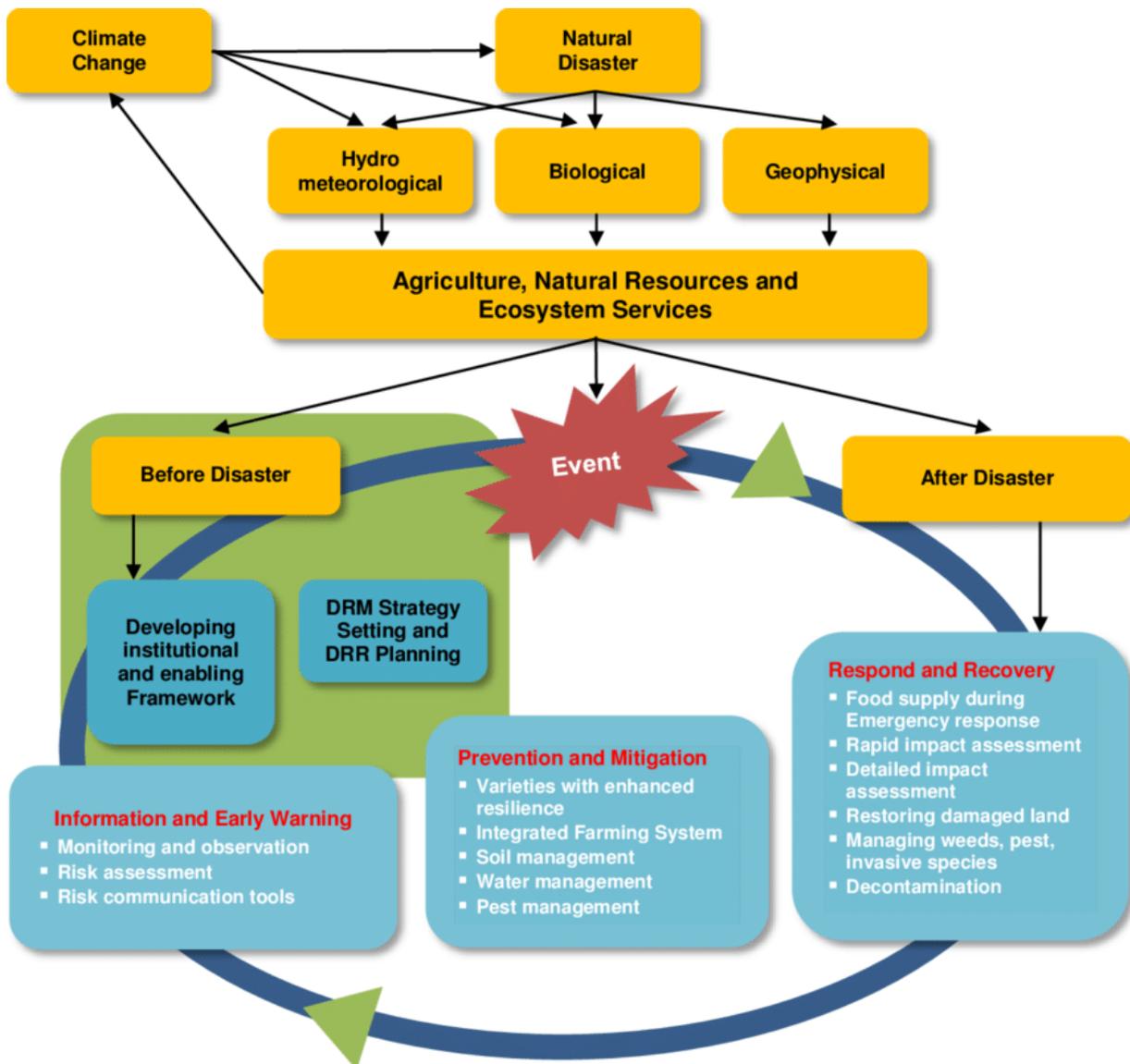
##### *IoT Selama Kesiapsiagaan Bencana*

Pemanfaatan teknologi informasi yang efektif dalam kesiapsiagaan bencana dan proses selanjutnya memainkan peran penting dalam mentransfer informasi secara bersamaan ke tempat-tempat yang relevan pada waktunya dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan.

Selama periode kesiapsiagaan bencana, pembobotan informasi dilakukan. Agar kegiatan logistik dapat dilakukan pada waktu dan tempat yang tepat, aliran informasi harus dipastikan. Oleh karena itu, keandalan (akurasi) dan kemutakhiran (real-time) informasi yang digunakan dalam kesiapsiagaan bencana merupakan dua hal penting. Dengan demikian, hasil yang efektif dan efisien diperoleh dari rencana yang disusun sebagai sumber daya manusia yang strategis dan kompeten.

Semua data harus ditransfer dari sumber pertama ke sistem pusat (Cloud Computing) dengan perangkat seluler yang mendukung IoT di semua tahap proses logistik bencana. Data yang terkait dengan saat bencana, sangat penting untuk bersifat real-time (kapan saja), tidak bergantung lokasi (dari mana saja) dan dapat diakses. Karena tidak pasti kapan dan di mana bencana akan terjadi. Dengan menggunakan data yang terkait dengan saat bencana ini, risiko dapat diminimalkan, kerusakan dapat dikurangi dan yang terpenting, lebih banyak nyawa

manusia dapat diselamatkan. Persyaratan ini hanya mungkin dipenuhi dengan teknologi seperti IoT dan cloud computing. Pada saat yang sama, keputusan pada saat bencana harus diambil dengan AI. Hal ini dapat disebut sebagai "Pendekatan Strategis terhadap Logistik Bencana Teknologi" sebagaimana dapat dilihat juga pada Gambar 4.2;



**Gambar 4.2. Pendekatan Strategis terhadap Logistik Bencana Teknologi**

#### *Logistik dan IoT di Saat Bencana*

Salah satu proses logistik terpenting selama bencana adalah menyediakan transportasi tercepat dan teraman bagi tim perintis bencana dan pertolongan pertama ke daerah bencana. Jika transportasi disediakan oleh kendaraan selain pesawat, keputusan tentang rute mana yang pendek dan aman harus dibuat dengan IoT, AI, dan pembelajaran mesin (ML), keputusan tentang jumlah dan jenis pertolongan pertama dapat dibuat dengan AI. Selain itu, kendaraan otonom tanpa awak dapat digunakan dalam situasi yang berisiko tinggi.

Penilaian awal dilakukan berdasarkan informasi yang diterima dari tim perintis pada saat bencana. Keputusan dibuat melalui rencana kesiapsiagaan prabencana dan penilaian ini. Evaluasi data ini secara real-time dan pengambilan keputusan dengan data ini harus dilakukan dengan AI. Informasi berikut harus digunakan selama evaluasi awal;

- Situasi dan kapasitas akses ke daerah bencana,
- Peluang dan kapasitas penyimpanan alternatif,
- Peluang akses ke gudang,
- Pemasok alternatif.

Keputusan harus diambil dengan mempertimbangkan informasi pra-penilaian terkini yang diperoleh pada saat bencana, rencana yang disiapkan selama tahap kesiapsiagaan bencana, dan sumber daya manusia yang kompeten. Memecahkan masalah kompleks ini selama bencana secara optimal hanya dapat diwujudkan dengan kecerdasan buatan.

#### *Logistik dan IoT Pasca Bencana*

Seiring dengan selesainya kegiatan tanggap bencana, tim intervensi di area tersebut digantikan oleh tim pengumpulan dan pemeliharaan material bencana. Tim ini bertanggung jawab atas pengumpulan, pemeliharaan material bencana, dan pengirimannya ke gudang.

Diketahui bahwa beberapa perusahaan logistik korporat telah mulai menggunakan IoT dan Kecerdasan Buatan (AI) untuk meminimalkan biaya perawatan dan perbaikan kendaraan mereka dan kerugian waktu karena malfungsi. Untuk kegiatan seperti pengumpulan, pemeliharaan, dan penyimpanan material pascabencana, IoT dan AI juga harus digunakan.

Agar dapat dibuat rencana logistik pascabencana;

- Statistik material yang didistribusikan di daerah bencana,
- Data terkait wilayah dan titik pengumpulan material,
- Sumber daya yang akan digunakan dalam pengumpulan dan pemeliharaan material (manusia, mesin, peralatan, dll.)
- Data seperti itu diperlukan. IoT dan AI digunakan untuk mengumpulkan data ini dan membuat keputusan cepat secara otomatis.

#### **4.5 RINGKASAN**

Untuk mengurangi risiko terkait bencana, mengelola bencana dengan sukses, menyelamatkan lebih banyak nyawa, dan menormalkan kehidupan korban bencana alam, keputusan harus diambil dengan informasi yang akurat dan real-time selama periode kesiapsiagaan bencana, selama dan setelah bencana. Pengambilan keputusan sangat kompleks, tidak pasti, dan tidak jelas dalam masalah kehidupan nyata seperti bencana. Dalam studi ilmiah terlihat bahwa solusi optimal dan cepat dicapai dengan AI dan ML dalam jenis masalah keputusan ini. AI dan ML harus digunakan untuk membuat keputusan yang akurat dan cepat tentang masalah yang terkait langsung dengan kehidupan manusia, seperti bencana. Teknologi IoT harus digunakan untuk menyediakan data real-time yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Faktanya, data harus dikumpulkan secara real-time dengan perangkat seluler yang mendukung IoT. Dengan menyimpan data dalam komputasi awan, data dapat diakses dan dianalisis tanpa memandang waktu dan tempat.

Untuk manajemen transportasi dan pergudangan, yang merupakan pusat logistik bencana, tidak dapat disangkal bahwa penggunaan IoT secara aktif merupakan teknologi penting yang berdampak positif pada produktivitas. Pada manajemen armada transportasi dan dalam menentukan rute yang paling sesuai, keberhasilan IoT sudah diketahui. Keberhasilan ini secara signifikan meningkatkan produktivitas transportasi dalam Logistik Bencana. Pekerjaan yang memengaruhi produktivitas manajemen bencana seperti jenis perawatan mesin, peralatan, dan kendaraan yang digunakan dalam logistik bencana, periode perawatan, tindak lanjut barang-barang yang ada di tumpukan sampah dan/atau akan ada di tumpukan sampah, dapat dilakukan dengan IoT tanpa perlu pemantauan manusia. Dengan demikian, kesalahan yang disebabkan manusia juga diminimalkan.

Sangat penting untuk dapat membuat manajemen gudang dalam bencana secara real-time dan dengan informasi yang akurat. Aset, inventaris di gudang bencana, dapat dilacak secara real-time melalui tag pintar dan kartu pintar. Tindak lanjut dari keterkinian inventaris yang tepat dan real-time, rencana aksi untuk bahan yang kedaluwarsa harus dibuat dengan perangkat lunak kecerdasan buatan. Perangkat lunak ini meningkatkan produktivitas dan efektivitas manajemen gudang. Dengan menggunakan AI atau ML, jenis dan jumlah bahan yang akan disimpan dalam tahap kesiapsiagaan bencana dapat diperkirakan. Karena jumlah data yang digunakan meningkat, perkiraan yang lebih akurat dapat dibuat dan kasus ini memungkinkan untuk membuat inventaris yang lebih andal. Dengan demikian, produktivitas inventaris meningkat.

Perangkat seluler yang mendukung IoT harus digunakan agar tim logistik terkemuka dapat dengan cepat menyampaikan informasi real-time di area bencana ke pusat krisis selama bencana. Pada saat yang sama, tergantung pada tingkat keparahan dan area dampak bencana, penggunaan kendaraan dan robot tanpa awak akan secara signifikan meningkatkan produktivitas layanan logistik dalam operasi pencarian dan penyelamatan.

Keberhasilan manajemen bencana secara signifikan dipengaruhi oleh keberhasilan logistik bencana. Produktivitas logistik bencana merupakan hal yang penting secara strategis bagi manajemen bencana. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa peningkatan efisiensi logistik bencana merupakan isu yang sangat strategis. Mengenai peningkatan produktivitas, agar tidak bersifat sementara atau instan tetapi berkelanjutan, harus didukung oleh teknologi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini produktivitas dievaluasi melalui model "Pendekatan Strategis terhadap Logistik Bencana Teknologis".

Uang dan kepuasan pelanggan setara dengan produktivitas pada logistik bisnis, sedangkan kehidupan manusia setara dengan produktivitas pada logistik bencana. Produktivitas sangat penting untuk logistik bencana. Jelas bahwa AI yang terintegrasi dengan IoT memiliki efek peningkatan produktivitas pada logistik bencana. Dalam penelitian ini, untuk alasan ini, penggunaan AI terintegrasi IoT end-to-end dalam logistik bencana direkomendasikan dan ditekankan bahwa perlu ada pendekatan teknologi dan strategis untuk perbaikan berkelanjutan dalam logistik bencana.

## BAB 5

### IIOT DALAM MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN

Bab ini memberikan informasi singkat tentang *internet of things* (IoT) dan kemudian pengetahuan terperinci tentang *industrial internet of things* (IIoT). Aplikasi internet of things dapat dilihat di berbagai bidang, seperti mobil pintar, rumah pintar, kota pintar, pertanian, perawatan kesehatan, industri, dll. Studi ini berfokus pada bagian industri. *Industrial internet of things* (IIoT) berarti aplikasi *internet of things* (IoT) untuk penggunaan industri. IIoT memberi kesempatan kepada perusahaan untuk melacak rantai pasokan, memantau operasi lini produksi, dan konsumsi energi secara *real-time*, mengelola stok, dan keputusan transportasi. Studi ini menggunakan metode studi kasus untuk mengembangkan teori tentang kontribusi IIoT terhadap produktivitas perusahaan. Aplikasi IIoT dapat disesuaikan dengan operasi perusahaan, dan bagaimana hal itu akan berkontribusi pada produktivitas perusahaan dijelaskan dalam bab ini. Bab ini membahas proyek-proyek yang berada dalam visi IIoT tetapi belum diimplementasikan dan diakhiri dengan saran untuk studi mendatang.

#### 5.1 PENDAHULUAN

Perbedaan yang signifikan menjadi jelas saat membandingkan objek yang ditemui, digunakan, atau dimiliki manusia pada abad ke-20 dan abad-abad sebelumnya. Abad ke-20 adalah periode di mana pasokan meningkat seiring dengan permintaan dan produksi menjadi sumber kekayaan. Produksi telah berada dalam keadaan interaksi timbal balik yang tak terputus dengan sosiologi, politik, ekonomi, dan teknologi sepanjang sejarah. Wol sekarang dapat dibeli dari Australia, disortir di Tiongkok, diproses di Turki, dan dijual ke Inggris dalam bentuk kain berkat globalisasi. Sementara itu, kemajuan teknologi berkontribusi secara signifikan terhadap bisnis dengan banyak manfaat. Manfaat-manfaat ini adalah terciptanya pabrik-pabrik pintar, pemantauan produksi di lokasi-lokasi terpisah, dan manajemen rantai pasokan yang efisien, dan masih banyak lagi.

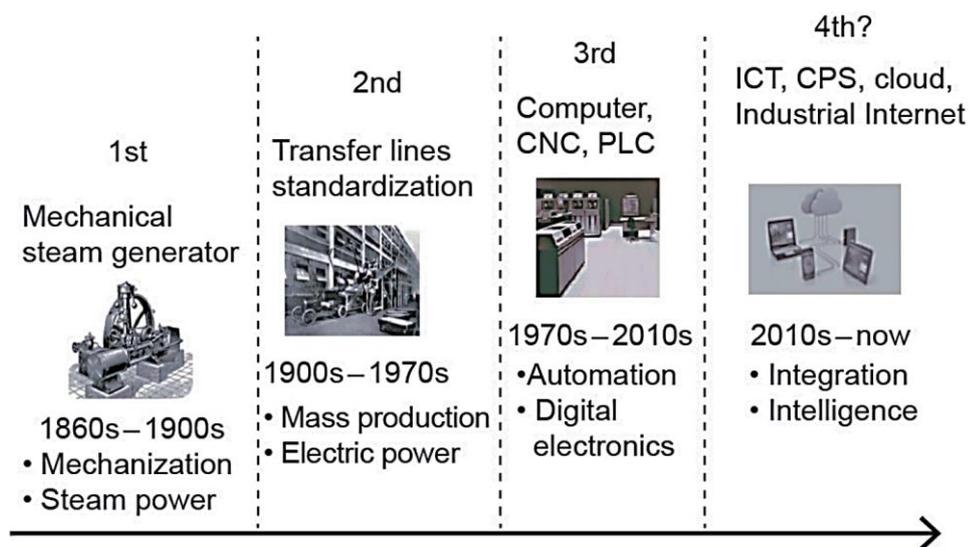
Frasa “Revolusi Industri ke-4” kini sudah umum dan telah menjadi subjek berbagai penerapan setelah diperkenalkannya konsep Industri 4.0 di Hannover Messe di Jerman pada tahun 2011. Transformasi penting telah dimulai di dunia bisnis dengan Industri 4.0. Produksi kini berada dalam keadaan pergeseran paradigma dan bisnis-bisnis menghadapi konsep-konsep baru setiap hari. Konsep-konsep ini adalah augmented reality dan simulasi, pencetakan 3D, keamanan siber, sistem fisik siber, big data, komputasi awan, pabrik-pabrik pintar, dan *Internet of Things* (IoT), dan masih banyak lagi. Para praktisi berusaha untuk mengikutinya dan mencari area-area pemanfaatan mereka setelah Industri 4.0. Bisnis-bisnis saat ini tengah berupaya untuk menyesuaikan operasi dan proses mereka dengan konsep-konsep baru ini. Keuntungan signifikan dalam efisiensi operasional telah dicapai melalui adaptasi ini, yang memotivasi baik ahli teori maupun praktisi di lapangan.

Bab ini disusun sebagai berikut. Pertama, kami menyediakan bagian latar belakang tempat transformasi industri dinilai dalam konteks revolusi industri. Kemudian, kami memperkenalkan IoT dan Industrial Internet of Things (IIoT) dan melanjutkan ke metodologi

dan studi kasus IIoT. Ini diikuti oleh pameran bidang penerapan IIoT dalam efisiensi operasional. Pernyataan penutup kami mencakup saran untuk pekerjaan mendatang di akhir bab.

## 5.2 SEJARAH REVOLUSI INDUSTRI

Revolusi industri menjelaskan secara ringkas transformasi produksi dalam konteks berkala. Kemajuan teknologi berkontribusi pada pembaruan sistem produksi dan meningkatkan tingkat efisiensi. Revolusi Industri Pertama terjadi setelah Walter mengembangkan mesin uap pada akhir abad ke-18 (lihat Gambar 5.1). Peningkatan signifikan dalam produktivitas dicapai dengan mengadopsi produksi mekanis sebagai pengganti produksi tenaga manusia. Realisasi jalur perakitan di pabrik produksi oleh Henry Ford dan pemanfaatan tenaga listrik pada awal abad ke-20 menandai dimulainya Revolusi Industri Kedua. Produksi serial yang baru dikembangkan kemudian menjadi standar setelah beberapa saat, meningkatkan produktivitas ke tingkat yang baru. Integrasi sistem otomatisasi dan teknologi informasi, seperti sistem produksi fleksibel dan robotika, semakin meningkatkan produktivitas selama Revolusi Industri Ketiga.



**Gambar 5.1. Kemajuan dan karakteristik revolusi industri**

Proliferasi jaringan komputer, sebuah proses yang dimulai pada tahun 1990-an, diikuti oleh komersialisasi World Wide Web pada tahun 1995. Cisco Systems melaporkan bahwa 70% rumah tangga di AS memiliki akses ke koneksi pita lebar pada tahun 2003 dan jumlah perangkat yang terhubung ke Internet mencapai 12,1 miliar pada tahun 2014. Sejalan dengan meningkatnya laju penggunaan Internet ini, perangkat Industri 4.0 menawarkan solusi cerdas untuk berbagai masalah yang dihadapi baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. Industri 4.0, yang juga dikenal sebagai Revolusi Industri Keempat, memprioritaskan komunikasi mesin ke mesin (M2M) dan integrasi semua proses bisnis. Meskipun integrasi ini dapat terjadi di antara objek fisik dan berbagai perangkat lunak, integrasi ini juga dapat terjadi di antara beberapa disiplin ilmu atau mengambil bentuk antardepartemen dalam suatu

perusahaan. Karena IoT dan khususnya IIoT berada dalam cakupan karya ini, keduanya akan dijelaskan lebih rinci di bagian berikut.

### **Internet of Things (IoT)**

IoT dan aplikasinya diikuti secara ketat oleh bisnis yang beroperasi di berbagai cabang industri setelah Industri 4.0. IoT termasuk di antara teknologi prospektif yang akan membentuk masa depan. Baru-baru ini, IoT telah menjadi istilah teratas di antara konsep yang paling sering disebutkan dalam dunia bisnis dan teknologi. Aplikasi IoT pertama kali dikembangkan pada tahun 1993 sebagai solusi yang ditawarkan oleh akademisi Cambridge untuk memantau status teko kopi mereka. Solusi ini termasuk mengirimkan sinyal peringatan kepada pengguna jika teko kopi penuh yang kemudian dipantau oleh video yang terhubung ke server. Namun, penggunaan pertama IoT sebagai sebuah konsep dilakukan oleh Kevin Ashton selama presentasi tahun 1999 di Procter & Gamble.

Meskipun Hung (2017) memperkirakan 20 miliar objek akan terhubung ke Internet pada tahun 2020, Statista menyatakan bahwa jumlah perangkat yang terhubung ke Internet di dunia pada tahun 2018 sudah mencapai 22 miliar, angka yang diekstrapolasi mencapai 38,6 miliar pada tahun 2025 dan 50 miliar pada tahun 2030. Lebih jauh lagi, pangsa pasar IoT global adalah \$164 miliar pada tahun 2018, sementara perkiraan menunjukkan bahwa angka ini akan mencapai \$1.612 miliar pada tahun 2025. Angka-angka ini dengan jelas mengungkapkan pertumbuhan IoT. Perangkat IoT memiliki tujuh area aplikasi menurut Texas Instruments (2014). Mereka adalah teknologi yang dapat dikenakan, otomatisasi bangunan dan rumah, kota pintar, layanan kesehatan, industri otomotif, pertanian, dan produksi pintar. Sementara jumlah perangkat yang dapat dikenakan di dunia pada tahun 2018 adalah 593 juta, angka itu diperkirakan akan mencapai 1105 juta pada tahun 2022. Proyek kota pintar pada tahun 2018 didistribusikan sebagai berikut: 39% untuk lalu lintas, 22% untuk layanan publik, 21% untuk penerangan, 18% untuk pemantauan lingkungan, 17% untuk keselamatan publik, 1% untuk pengisian ulang kendaraan listrik dan 6% untuk kegiatan lainnya.

### **Industri Internet of Things (IIoT)**

Secara konseptual Industri 4.0 tidak jauh berbeda dari IIoT. Beberapa bahkan mengklaim bahwa IIoT memiliki peran perintis di jalur menuju Industri 4.0. IoT, juga dikenal sebagai internet industri atau internet untuk segalanya, dianggap sebagai paradigma teknologi baru yang memungkinkan mesin dan perangkat berinteraksi satu sama lain dalam skala global. Greengard (2011), yang menyatakan bahwa internet industri merupakan salah satu elemen IoT atau entitas yang berbeda darinya, berpendapat bahwa keduanya mencoba untuk mengintegrasikan dunia fisik dan virtual, dengan tujuan yang sama. Meskipun tidak ada definisi yang disepakati, secara umum diterima bahwa internet industri adalah penggunaan IoT dalam industri. IIoT adalah aplikasi IoT dan menjadi subjek berbagai upaya oleh perusahaan teknologi tinggi. Pemasok otomotif yang visioner menyatakan bahwa sejarahnya sudah ada sejak lebih dari 15 tahun yang lalu. Namun, setelah penetapan standar global pada IIoT, potensinya diharapkan akan sepenuhnya dipahami dalam 15 tahun ke depan. Pada tahun 2018, internet industri berada di urutan kedua setelah kota pintar dalam perolehan pendapatan di antara IoT dengan angka kotor sebesar \$35,9 miliar.

Aplikasi IIoT mengubah metode tradisional yang berorientasi jaringan menjadi metode baru yang berorientasi pada mesin/perangkat. Dibandingkan dengan metode tradisional, sistem modern memiliki berbagai keunggulan. Sementara dalam metode tradisional, data diperoleh dan disimpan di stasiun pusat, sistem baru melewati stasiun pusat, sehingga mesin dapat berkomunikasi satu sama lain. Selain itu, metode komunikasi tradisional antarmanusia (H2H) terganggu oleh penundaan dan masalah keamanan, sedangkan sistem komunikasi antarmesin (M2M) baru mengatasi hambatan tersebut. Sistem tradisional tidak memiliki masalah dengan konsumsi energi; sistem tersebut melakukan aktivitas pemantauan dengan perangkat yang dapat diisi ulang setiap hari atau setiap minggu. Namun, sistem IIoT melakukan aktivitas pemantauan masing-masing dengan biaya energi yang lebih rendah melalui aplikasi cerdas, termasuk banyak sensor dan aktuator berbiaya rendah. Sistem IIoT memungkinkan komunikasi yang lebih cepat selama keadaan darurat dan mencegah kemungkinan skenario terburuk. Sistem komunikasi M2M, analisis data besar, dan teknik pembelajaran mesin merupakan beberapa komponen penting IIoT. Meskipun

M2M dianggap sebagai mekanisme komunikasi utama internet industri, mekanisme komunikasi lain seperti manusia ke mesin (H2M), mesin ke telepon pintar (M2S) atau komunikasi antar perangkat seperti tablet juga digunakan. Teknik IIoT menghemat uang dan waktu dengan memungkinkan perusahaan mengidentifikasi dan memecahkan masalah mereka dengan lebih cepat. Misalnya, perusahaan di bidang manufaktur dapat memantau dan mengelola rantai pasokannya dengan lebih efektif, melakukan kontrol kualitas, dan mengurangi total konsumsi energi melalui IIoT. Penilaian kualitas produk dapat dipercepat dengan menggunakan metode seperti pembelajaran mesin dan pemrosesan gambar, bukan metode tradisional di mana kontrol kualitas dilakukan dengan inspeksi visual atau dengan tangan.

Perusahaan yang terbaik di kelasnya menikmati peningkatan kualitas sebesar 7% setelah beralih ke produksi cerdas. Untuk mendapatkan keuntungan dari peningkatan produktivitas ini, bisnis menunjukkan kecenderungan pada aplikasi IIoT dan pangsa pasar produksi cerdas global diperkirakan mencapai Rp. 5 Triliyun pada tahun 2023, dari Rp. 1.7 Triliyun pada tahun 2017. IIoT bukan sekadar jaringan objek fisik yang terhubung di area produksi. IIoT juga memungkinkan berbagi informasi di antara anggota rantai pasokan atau konsorsium lintas sektor. Menurut survei yang dilakukan oleh Accenture dan GE, 73% perusahaan menghabiskan lebih dari 20% anggaran teknologi mereka untuk analisis big data. Selain data yang mereka hasilkan dengan sumber daya internal mereka, perusahaan ingin menggunakan data yang dihasilkan oleh anggota rantai pasokan mereka, data perusahaan lain di sektor mereka, dan data lintas sektor.

Visi IIoT mencakup pabrik atau bisnis yang terlibat dalam produksi cerdas. Bisnis cerdas diharapkan terdiri dari mesin, pabrik, dan proses cerdas. Aplikasi produksi cerdas IIoT ditampilkan dalam Tabel 5.1. Mesin/perangkat yang digunakan dalam bisnis cerdas harus memiliki setidaknya satu tingkat fungsionalitas cerdas seperti deteksi sederhana, komisioning dingin, pengoptimalan, dan operasi yang sepenuhnya otonom. Penyertaan mesin yang terhubung dalam proses dan aplikasi produksi meningkatkan produktivitas, mengurangi

jumlah stok melalui pasokan stok waktu nyata, dan menurunkan biaya produksi rata-rata dan rantai pasokan. Dengan demikian, pabrik cerdas diharapkan menciptakan nilai sebesar \$1,95 triliun.

**Tabel 5.1. Perangkat IIoT dari Manufaktur Cerdas**

<b>Kontrol akses</b>	Sensor pemantauan kondisi	Monitor portabel
<b>Aktuator</b>	CPU (pengendali PLC)	Sensor posisi
<b>Kamera visi mesin</b>	Pemancar aliran	Sensor jarak
<b>Kontrol CNC</b>	Komunikasi industri	Analisis proses
<b>Modul komunikasi</b>	Industri 4.0	Robotika
<b>Sakelar komunikasi</b>	Pencahayaan	Pemancar suhu

McFarlane (2018) mengklaim bahwa IIoT memiliki dua area minat khusus bagi bisnis di bidang manufaktur. Yang pertama adalah pengembangan proses industri dengan mengumpulkan data nonproduksi. Yang kedua adalah meningkatkan kinerja siklus hidup produk dengan mengumpulkan data terkait produk.

O'Halloran dan Kvochko (2015) menyatakan bahwa IIoT memiliki manfaat jangka pendek dan jangka panjang bagi bisnis.



**Gambar 5.2. Jalur dampak fase IIoT**

Dampak IIoT diharapkan terwujud dalam Fase 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2. Fase 1 dan 2 termasuk dalam bidang efisiensi operasional dan penerapannya dalam berbagai industri terlihat dalam kehidupan sehari-hari. Fase 3 dan 4 berisi perubahan struktural dan diharapkan terjadi setelah penyelesaian blok bangunan dasar. Sudah diketahui bahwa teknologi menunjukkan pertumbuhan eksponensial karena sifatnya. Karena alasan ini, orang

berharap bahwa aplikasi Fase 3 dan 4 akan tumbuh jumlahnya dalam beberapa tahun ke depan di mana contoh aplikasinya sudah terlihat. Kemajuan fase-fase ini juga menyiratkan transformasi dalam prospek ekonomi umum. Ekonomi yang digerakkan oleh output memaksa perusahaan untuk mengubah model bisnis mereka. Dalam Fase 3, model bisnis diharapkan berubah sementara peran TI dalam proses bisnis diharapkan meningkat. Ekonomi dorong, yang berlaku hingga akhir abad ke-20, digantikan oleh ekonomi tarik di abad ke-21. Dibangun berdasarkan permintaan pelanggan, ekonomi tarik membutuhkan integrasi rantai pasokan (eksternal dan internal), implementasi strategi produksi hijau dan memastikan keterlibatan pelanggan melalui proses digital dalam pengembangan produk baru. Tahap 1, yang mencakup studi tentang aktivitas operasional, berfokus pada peningkatan produktivitas karyawan, sementara Tahap 4, yang menangani transformasi menjadi ekonomi tarik otonom, secara khusus membahas pengoptimalan sumber daya dan pengurangan limbah.

Dampak penggunaan sumber daya material dan nonmaterial yang efektif dari suatu bisnis terhadap produktivitasnya telah disebutkan dalam literatur. Penggunaan yang efektif ini dapat diklasifikasikan sebagai internal dan eksternal. Sementara data intra-bisnis menandakan data yang terkait dengan operasi yang termasuk dalam produksi, data non-produksi mencakup aktivitas yang dilakukan dalam rantai pasokan tetapi tidak secara langsung dalam operasi produksi.

Dampak penggunaan IIoT dalam prosedur terhadap efisiensi operasional dijelaskan di bawah ini melalui studi kasus yang dipilih dari berbagai industri.

### 5.3 KOMPONEN IIOT

Munculnya komponen-komponen seperti *Radio Frequency Identifier* (RFID), *Wireless Sensor Networks* (WSN), dan Bluetooth, yang merupakan infrastruktur teknologi IIoT, memungkinkan seseorang untuk mengikuti tahapan-tahapan yang dilalui oleh suatu produk; mulai dari bahan mentah atau produk antara hingga ke status akhirnya. Selain itu, big data yang dikumpulkan oleh sub-komponen dapat menjadi subjek studi tentang produktivitasnya bagi bisnis. Komponen-komponen penyusun IIoT, khususnya RFID, *Cyber Physical Systems* (CPS), WSN, *Bluetooth Enabled Devices*, *Big Data*, dan *Cloud Computing* semuanya telah berkontribusi pada pengembangan paradigma baru. Oleh karena itu, penulis pengumpul data, sistem penyimpanan, dan menganalisis elemen-elemen IIoT dalam buku ini.

#### RFID

Teknologi RFID, yang membawa perangkat/mesin fisik ke dunia digital, merupakan elemen kunci dalam pengembangan IIoT. Keakuratan data produksi bergantung pada efektivitas metode dan proses yang digunakan dalam akuisisinya. Dalam industri padat karya, pengumpulan data produksi difasilitasi oleh perekaman manual, kode batang, dan teknik berbasis RFID. Registrasi manual dan pemindaian kode batang mengakibatkan akuisisi data yang tertunda dan mungkin tidak lengkap. Tag RFID lebih efektif daripada teknik ini karena perlindungan komponen elektronik yang memadai di dalam tag. RFID memiliki dampak kreatif dengan membangun integrasi teknologi tinggi di antara model bisnis baru, proses produksi baru, dan anggota rantai pasokan. Pasar RFID, yang memiliki volume Rp. 100 Triliyun pada

tahun 2014, diperkirakan akan mencapai volume Rp. 400 Triliyun pada tahun 2025, berdasarkan dampak yang tampak di berbagai industri. RFID beroperasi melalui microchip dan chip yang terletak di atau di dalam perangkat. Mereka mengumpulkan data dari sensor yang ditempatkan di mesin. Secara umum, komponen sistem RFID adalah tag, pembaca, dan middleware. Pembaca mengirimkan sinyal frekuensi radio melalui antena, tag menerima energi dari frekuensi radio dan mengarahkan informasi ke komputer. "Tag pintar" dan "tag pasif" keduanya digunakan dalam RFID. Yang pertama tidak memerlukan sumber daya sedangkan yang kedua memerlukannya. Kedua jenis ini memungkinkan pembaca RFID untuk mengumpulkan data dan menukarnya dengan komputer.

### **CPS dan WSN**

CPS menandakan mekanisme yang dikontrol atau dipantau oleh algoritma yang berjalan pada komputer yang terintegrasi ke Internet dan dengan pengguna. Komputer dan jaringan tertanam dalam sistem memantau dan mengendalikan proses fisik. Arsitektur 5C (*Connection, Conversion, Cyber, Cognition, Configuration*) untuk penerapan CPS. Dengan demikian, tahap pertama arsitektur ini (koneksi) dapat diwujudkan melalui jaringan sensor. Sensor adalah perangkat elektronik yang mendeteksi, mengukur, dan mengubah rangsangan fisik dunia nyata menjadi bentuk sinyal analog atau digital. Singkatnya, sensor digunakan untuk mendeteksi kondisi fisik seperti intensitas cahaya, suara, suhu, dan kedekatan dengan objek. Sementara RFID pada dasarnya menjawab "apa dan di mana", sensor menjawab "bagaimana".

Meskipun terdapat keragaman dalam Jaringan Sensor Nirkabel (WSN), semua jaringan sensor memiliki karakteristik tertentu yang sama. Fitur paling signifikannya adalah bahwa jaringan tersebut tertanam di dunia nyata. Jaringan sensor global memiliki pangsa pasar sebesar Rp. 560 Triliyun pada tahun 2018 dan diperkirakan akan mencapai pangsa sebesar Rp. 610 Triliyun pada tahun 2020. Prediksi menunjukkan bahwa pada tahun 2022 pasar sensor akan terbentuk sebagai berikut: 36% untuk deteksi tekanan, 26,2% untuk deteksi suhu, 17,27% untuk deteksi cahaya, 10,21% untuk identifikasi kimia, 8,35% untuk deteksi gerakan, dan 1,97% untuk lainnya.

### **Bluetooth**

Bluetooth berkomunikasi melalui gelombang radio dan karenanya memungkinkan dua atau lebih perangkat/mesin untuk berkomunikasi satu sama lain. Data dapat ditransmisikan dari satu perangkat/mesin ke perangkat/mesin lain menggunakan infrastruktur bluetooth, terlepas dari isi file data yang dikumpulkan oleh sensor. Industri Bluetooth memperluas pasar komunikasi nirkabel jarak pendeknya melalui komunikasi M2M dan aplikasi IoT selain komunikasi suara dan stereo yang ada.

### **Big Data dan Cloud Computing**

Data menjadi semakin penting bagi bisnis yang memungkinkan mereka memantau data yang berkaitan dengan proses produksi. Dengan cara ini, waktu tunggu bahan baku atau produk setengah jadi dalam proses produksi, waktu yang berlalu di setiap stasiun kerja, kemacetan, dll. dapat digunakan dalam pengoptimalan dengan memfilter big data. Aktivitas

pemantauan yang dilakukan selama fase produksi ini memberikan informasi penting tentang produk; apakah komponennya dalam jumlah, suhu, bentuk, dll. yang tepat.

Perangkat dan mesin IIoT dengan sensor dan aktuator tertanam menghasilkan sejumlah besar data. Aplikasi IIoT memerlukan tempat penyimpanan untuk data besar yang dibuat, kecepatan pemrosesan tinggi untuk pengambilan keputusan waktu nyata, dan jaringan pita lebar kecepatan tinggi untuk streaming audio atau video. Bisnis sering memenuhi kebutuhan ini melalui komputasi awan. Komputasi awan memungkinkan pengguna untuk mengakses aplikasi atau layanan mereka di mana saja dan kapan saja melalui internet. Ini karena data disimpan di server komputasi awan, bukan pada perangkat keras. Komputasi awan menawarkan banyak keuntungan dalam keandalan, skala global, kinerja, kecepatan, dan biaya bagi penggunanya. Namun, komputasi awan menanggung berbagai risiko seperti yang terlihat dari aplikasi. Hewlett Packard (HP) menyatakan bahwa 70% perangkat atau mesin yang terhubung ke Internet of Things rentan terhadap serangan. Gartner memperkirakan bahwa pada tahun 2020, lebih dari 25% serangan terhadap bisnis akan terjadi melalui IoT. Misalnya, dengan meningkatnya penggunaan IIoT, Maersk menghadapi risiko keamanan. Perusahaan itu terkena virus komputer pada tahun 2017, yang menghentikan operasinya di banyak negara dan menyebabkan kerugian besar. Untuk mengatasi masalah ini, perusahaan itu bekerja sama dengan IBM dan memanfaatkan teknologi blockchain dalam rantai pasokannya. Melindungi data dan privasi tampaknya menjadi tantangan terpenting bagi IIoT. Tantangan yang dihadapi oleh IIoT ini dapat diatasi dengan menggunakan infrastruktur blockchain. Pertama dari dua area risiko vital yang akan dihadapi IIoT adalah keamanan komputasi awan. Yang lainnya adalah risiko pemecatan sebagian besar karyawan sebagai akibat dari tingkat otomatisasi yang tinggi. Mereka juga diharapkan untuk meningkatkan keterampilan mereka untuk belajar dan beradaptasi dengan teknologi baru.

#### 5.4 STUDI KASUS

Penulis mencoba mengembangkan teori dengan menggunakan metode studi kasus dalam karya ini. Metode studi kasus efektif dalam memberikan informasi mendalam ketika informasi terbatas tersedia pada subjek penelitian. Eisenhardt dan Graebner (2007) melaporkan bahwa pemeriksaan tujuh kasus cukup untuk menyimpulkan sebuah teori. Oleh karena itu, kami telah melakukan tujuh studi kasus dalam karya ini. Metode yang paling mirip digunakan dalam memilih studi kasus. Kasus yang paling mirip yang mewakili populasi merupakan salah satu metode yang paling akurat untuk mencapai generalisasi. Mengikuti peringatan dalam Eppler (2006) bahwa peneliti harus memperhatikan apakah kasus tersebut terkini atau tidak, kami memastikan bahwa kasus yang diperiksa dalam karya ini terjadi dalam lima tahun terakhir.

##### **Airbus**

Airbus Prancis menggunakan aplikasi IIoT untuk meningkatkan produktivitas operasional mereka melalui pemeliharaan prediktif di maskapai penerbangan, menghindari pemborosan, dan membuat layanan kru lebih efektif. Misalnya, informasi tentang konsumsi energi dalam produksi pesawat dapat dikumpulkan melalui meter pintar dengan kemampuan

IIoT. Penggunaan alat IIoT ini dan yang serupa berkontribusi pada penghematan biaya yang signifikan dan realisasi operasi yang lebih berkelanjutan. Data yang diperoleh oleh meter pintar dianalisis oleh algoritme analitis canggih dan langkah-langkah yang berkaitan dengan konsumsi energi diambil untuk menguranginya hingga 20%, berkat saran yang disimpulkan dari analisis ini. Selain itu, perusahaan mencoba menggambarkan bayangan digital pabriknya di Saint Eloi melalui alat IIoT dengan mengumpulkan informasi dari mesin dan konveyor. Hal ini memungkinkan pemantauan operasi secara real-time serta kinerja simulasi yang diperlukan untuk peningkatannya.

### ***Bayer Crop Science***

Bayer telah beroperasi selama lebih dari 150 tahun di tiga departemen yang berbeda: farmasi, kesehatan konsumen, dan ilmu tanaman. Bayer Crop Science adalah salah satu perusahaan pertanian terbesar di dunia.

Bayer mengembangkan benih untuk membantu peningkatan sistem pangan global. Dengan penggunaan IoT dalam produksi pertanian, mesin panen yang dilengkapi sensor dapat merekam data hasil panen, berat buah kapas, dan kadar air, lalu mengirimkan data ini ke analisis bisnis dalam hitungan menit. Apa yang terjadi di lapangan selama masa tanam dan panen dapat dipantau lebih cepat, bahkan mencegah kemungkinan kesalahan manusia berkat sistem ini. Satu juta data per hari dapat dikumpulkan oleh sensor di lapangan selama masa tanam dan panen. Analisis data dapat melihat dan menganalisis data dengan cepat melalui perangkat seluler mereka. Jika dievaluasi dalam hal produktivitas tenaga kerja, studi ini memberikan keuntungan yang signifikan. Selain itu, Bayer dapat membuat keputusan yang lebih akurat tentang benih dan kondisi budidaya berkat akses yang lebih cepat ke data lapangan.

### ***CAT***

CAT, perusahaan permesinan dan peralatan Amerika, menyatakan bahwa “Sejarah Caterpillar adalah tentang melakukan: menciptakan, membangun, memecahkan masalah, berinovasi, menguji, melakukan servis, dan meningkatkan.” Unit angkatan laut CAT memproduksi berbagai mesin dan peralatan untuk kapal tunda dan kapal pengangkut. Melalui sensor di kapal, CAT dapat memantau setiap parameter dari generator, mesin, GPS, sistem pendingin udara, dan pengukur aliran bahan bakar. Dengan demikian, CAT telah menemukan korelasi antara jumlah daya yang dikonsumsi dalam kontainer berpendingin dan pembacaan pengukur aliran bahan bakar. Melalui data yang diambil, perusahaan menetapkan parameter operasi optimal dengan mengubah daya keluaran dari generator. Setelah penelitian ini, ditemukan bahwa mengoperasikan banyak generator berkapasitas rendah sebagai pengganti mengoperasikan sejumlah kecil generator berkapasitas tinggi lebih murah. Meskipun penghematan Rp. 450.000 per jam yang dicapai setelah perbaikan mungkin tampak tidak signifikan, penghematan tersebut mencapai tingkat substansial sebesar Rp. 10.000.000 untuk armada 50 kapal yang beroperasi 24 jam sehari dan 26 minggu per tahun. Seperti yang terlihat dalam perbaikan CAT, produktivitas energi telah ditingkatkan melalui perangkat IIoT.

### ***Siemens***

Siemens menetapkan sasarannya terkait IIoT sebagai pembentukan komunikasi yang efisien dan berkualitas tinggi yang tidak dapat dicapai hanya melalui interaksi manusia dengan menggunakan mesin pintar. Dengan infrastruktur komunikasi M2M, mesin mengurangi proses pemborosan dan memberikan kontribusi untuk meminimalkan total biaya melalui interaksi yang efektif. Aplikasi IIoT, yang tidak boleh dilihat sebagai tambahan pada proses bisnis, mengharuskan proses tersebut didesain ulang. Renovasi ini dapat terjadi pada tingkat perubahan organisasi baru, staf, budaya, dan proses bisnis. Siemens mencantumkan utilitas signifikan dari aplikasi IIoT yang sukses sebagai berikut: untuk meminimalkan waktu henti selama tahap produksi, data yang berkaitan dengan mesin dan komponennya dapat dikumpulkan, dianalisis, dan dibagikan melalui perangkat IIoT. Pemasok otomotif Spanyol Gestamp telah menandatangani perjanjian dengan Siemens untuk mencapai manajemen energi yang efektif di pabriknya. Peralatan IIoT yang digunakan oleh Siemens mengumpulkan data setiap dua detik dari mesin pengepres, kompresor udara, dan seluruh pabrik produksi. Gestamp mengurangi konsumsinya hingga 15% melalui analisis data besar dan mendekati visi pabrik "terhubung" yang berkelanjutan dari Industri 4.0. Selain itu, aplikasi IIoT memungkinkan kendali jarak jauh atas mesin dan proses. Dengan kendali jarak jauh, staf yang menjalankan fungsi kendali tidak perlu berada di lapangan. Lebih jauh lagi, kendaraan IIoT membuat proses produksi lebih aman. Marathon Oil menyediakan detektor multi-gas nirkabel bagi karyawan yang kemungkinan terpapar gas berbahaya selama shift mereka di kilang minyaknya. Dengan cara ini, lokasi dan keselamatan karyawan di pabrik dapat dipantau.

#### **AGCO Corporation**

AGCO Corporation memproduksi traktor untuk perusahaan-perusahaan terkenal di sektor permesinan pertanian seperti Massey Ferguson dan Challenger. Salah satu tahap terpenting sebelum produk akhir dikirimkan ke pelanggan adalah kontrol kualitas. Tahap kontrol kualitas dilakukan di perusahaan dengan menggunakan kertas pada panel dan kemudian dengan komputer. Namun, waktu yang terbuang saat mengakses komputer dan meluasnya penggunaan tablet mengharuskan penggantian alat kontrol kualitas. Tablet, di sisi lain, dapat dengan mudah rusak dan mahal untuk diganti yang merupakan kendala untuk penggunaan yang efektif. Uji coba kecil dilakukan pada kacamata pintar yang memanfaatkan infrastruktur IoT di pabrik produksi Minnesota pada tahun 2014. Hasil pengujian menunjukkan pengurangan berikut: waktu inspeksi sebesar 30%, durasi operasi perakitan kompleks volume rendah sebesar 25%, dan kurva pembelajaran sebesar 50% untuk rekrutmen baru. Teknologi baru ini setelah penerapannya telah meningkatkan produktivitas dan meningkatkan kualitas produk. Mitsubishi Electric mulai menggunakan produk serupa untuk membantu teknisi dalam memperbaiki AC. Kacamata ini membantu teknisi melihat cara melepas atau mengganti komponen dengan memungkinkan mereka melihat objek fisik dalam 3D berlapis sehingga mengurangi waktu perbaikan dan jumlah kesalahan yang dilakukan teknisi.

#### **Maersk**

Barang yang diangkut seperti buah-buahan, sayur-sayuran, daging, dan produk susu dapat dilacak dan dipantau dengan mudah melalui aplikasi IIoT. Status pengawetan produk dapat dipantau secara terus-menerus melalui suhu, kelembapan, dan tingkat pembekuan

cepat selama pengangkutan. Perusahaan transportasi asal Denmark, Maersk, menguasai 18% perdagangan peti kemas dunia. Maersk menguji sistem Remote Container Management (RCM), yang memungkinkan pemantauan dan pengiriman data seperti suhu dan lokasi peti kemas berpendingin ke cloud dan memperoleh hasil yang memuaskan. Sekitar setengah dari kerugian produk segar di AS disebabkan oleh buruknya kualitas kondisi pengiriman. Signifikansi nilai ekonomi RCM dapat dipahami hanya melalui gambar ini. Berkat RCM, ketika Maersk mendeteksi suhu yang lebih tinggi dari yang diharapkan dalam peti kemas berisi 100 ribu pisang, Maersk dapat segera melakukan intervensi untuk mencegah pertumbuhan jamur sehingga mengurangi waktu dan biaya pemeriksaan peti kemas saat tiba.

### **Magna Steyr**

Dengan pengalaman lebih dari 100 tahun di bidang ini, Magna Steyr melayani perusahaan otomotif ternama sebagai mitra solusi, jauh melampaui peran pemasok. Perusahaan ini memenuhi kebutuhan dan permintaan pelanggannya dengan standar dunia melalui spektrum layanan yang luas seperti layanan teknik, produksi suku cadang, dan produksi otomotif secara keseluruhan. Magna Steyr berencana untuk memproduksi 200.000 mobil di pabriknya di Graz pada tahun 2018. Kebutuhan untuk lebih banyak pekerjaan pada pasokan suku cadang, waktu pemenuhan pesanan pelanggan, dan produktivitas tampak jelas dengan produksi lebih banyak model. Untuk mengatasi tantangan ini, Magna Steyr mengumpulkan informasi tentang seluruh proses, dari perencanaan hingga pasca penjualan, dan mencoba membuat peta digital pabrik. Melalui peta digital ini, jalur terpendek yang harus dilacak pekerja saat melakukan operasi mereka akan ditentukan dengan demikian mengantisipasi peningkatan produktivitas tenaga kerja. Selain itu, mereka bertujuan untuk meningkatkan produktivitas faktor total dengan memperbanyak penggunaan perangkat IIoT dalam pabrik pintar seperti sistem transportasi tanpa pengemudi, pengemasan pintar, dan pemeliharaan prediktif.

## **5.4 ANALISIS STRATEGI**

Penggunaan strategi pencocokan adalah metode yang paling sering digunakan untuk analisis mendalam dalam situasi di mana manajemen kasus yang paling mirip dipilih. Jadi, kami telah menggunakan metode ini dalam pekerjaan ini untuk menentukan variabel independen dan variabel dependen. Untuk menentukan variabel independen, kami telah memeriksa faktor berulang atau pencocokan dalam studi kasus dengan demikian menetapkan pemeliharaan prediktif, energi, produktivitas pekerja, logistik, dan data besar sebagai variabel independen. Produktivitas, di sisi lain, ditetapkan sebagai variabel dependen.

**Tabel 5.2. Analisis Paling Mirip dengan Kasus**

<b>kasus</b>	<b>Pemeliharaan prediktif (x1)</b>	<b>Energi (x2)</b>	<b>Produktivitas pekerja (x3)</b>	<b>Logistic (x4)</b>	<b>Produktifitas (y)</b>
Airbus	*	*	*		*
BayerCorp Science		*	*		*

CAT		*			*
Siemens	*	*	*		*
AGCO Corporation			*		*
Maersk		*	*	*	*
Magna Steyr		*	*	*	*

Tabel 5.2 menampilkan variabel dependen dan independen dalam konteks studi kasus. Meskipun variabel independen yang berbeda dimasukkan dalam proses karena perbedaan sektoral, dampak variabel independen energi terhadap produktivitas diperiksa dalam tujuh studi kasus. Secara umum, peran konsumsi energi total dalam produksi industri dipantau dan dianalisis. Namun, konsumsi energi secara real time biasanya tidak dapat dipantau. Bisnis dapat memantau data konsumsi energi real time mereka pada skala mesin dan pabrik melalui aplikasi IIoT. Hal ini memungkinkan perbandingan antara konsumsi energi yang direalisasikan dan konsumsi energi yang diperlukan, yang mengungkap perbedaan sehubungan dengan kapasitas teoritis dan aktual mesin/perangkat. Akses ke indikator energi dan kemampuan untuk menganalisis indikator ini secara efektif secara real time adalah suatu keharusan bagi manajemen energi yang berhasil. Data konsumsi energi dapat dikumpulkan dari berbagai tingkatan seperti mesin, jalur produksi, dan pabrik secara real time melalui teknologi IIoT. Fakta yang tidak dapat disangkal bahwa energi merupakan komponen penting dari biaya produk akhir. Seperti yang terlihat dalam studi kasus Airbus dan CAT, melalui analisis data yang dikumpulkan oleh IIoT, pemborosan energi dapat dihindari dan produktivitas energi dapat ditingkatkan sehingga bisnis dapat mempertahankan posisi kompetitif mereka. Hal ini juga memungkinkan bisnis untuk membandingkan konsumsi energi mereka dengan rata-rata sektoral dan perusahaan terbaik di sektor tersebut. Konsumsi energi bisnis yang terkendali di dalam pabrik produksi dan jumlah pemborosan berkontribusi pada peningkatan produktivitas melalui penggunaan sumber daya yang efektif.

Bisnis memperoleh informasi tentang waktu produksi produk, seberapa cepat mesin beroperasi, dan seberapa sering pemotongan produksi terjadi karena masalah terkait mesin berkat sensor nirkabel dan aplikasi IIoT lainnya. Hal ini memungkinkan bisnis untuk lebih menyadari aktivitas perencanaan produksi dan menurunkan biaya pemeliharaan. Selain itu, kegagalan pada komponen mesin dapat dideteksi sebelumnya melalui metode seperti analisis getaran, oli, dan suhu mesin seperti yang dilakukan oleh alat IIoT. Bisnis yang dilengkapi dengan alat ini dapat terus memantau status sistem berkat Pemeliharaan Prediktif, mendeteksi perubahan teknis lebih awal, dan melakukan intervensi seperlunya dengan memperkirakan pemeliharaan sistem di area produksi seperti yang dilakukan oleh Airbus dan Siemens. Waktu henti yang lama menyebabkan mesin, sumber daya manusia, dan pabrik produksi tetap menganggur. Pemeliharaan prediktif adalah alat yang paling efektif untuk menghindari waktu henti yang lama yang dialami di pabrik produksi. Pemanfaatan Internet industri memungkinkan bisnis untuk menggunakan perangkat lunak baru guna meningkatkan efisiensi operasional mereka melalui pemeliharaan prediktif. Lebih jauh lagi, bisnis

menghemat 12% melalui pemeliharaan terjadwal dan 30% melalui biaya pemeliharaan yang lebih rendah melalui penggunaan perangkat IIoT. Selain itu, mereka mengalami 70% lebih sedikit kegagalan.

Keselamatan dan keamanan pabrik produksi kini ditingkatkan melalui pemeliharaan prediktif yang menggunakan sensor pintar. Lebih jauh lagi, setelah penerapan perangkat IIoT yang mampu berkomunikasi dan bekerja sama, kemungkinan penundaan akibat interaksi manusia dapat dihindari dan insiden kritis dapat segera ditangani. Singkatnya, perangkat IIoT memungkinkan seseorang untuk memantau, mengumpulkan, dan menganalisis data serta memberikan instruksi ke perangkat/mesin lain tanpa campur tangan manusia. Lebih jauh lagi, masa pakai mesin diperpanjang dan produktivitas ditingkatkan melalui aplikasi pemeliharaan prediktif. Suzaki (1987) melaporkan bahwa beberapa orang berpendapat bahwa mesin harus dipantau untuk mengambil tindakan yang tepat atas kegagalan dalam studi yang dilakukan untuk menghindari pemborosan selama proses produksi. Setelah itu, ia mengajukan pertanyaan berikut: Apakah ini belum terlambat bagi operator untuk mengambil tindakan yang tepat? Apakah tidak ada mekanisme untuk menghentikan mesin secara otomatis dan bel atau lampu yang memperingatkan operator saat situasi abnormal terjadi? Bisnis meningkatkan kemampuan prediktif mereka dan membuat mekanisme kontrol bekerja lebih efektif dengan aplikasi IIoT. Killeen dkk. (2019), melaporkan bahwa pemeliharaan prediktif armada 19 bus umum telah diwujudkan oleh algoritma pembelajaran mesin sehingga memberikan peningkatan signifikan dalam produktivitas di bidang transportasi cerdas. Nguyen dkk. (2019) telah mengembangkan aplikasi pemeliharaan prediktif dinamis baru melalui pembelajaran mendalam untuk membuat keputusan pemeliharaan dengan mengandalkan data sensor heterogen.

Sudah diketahui umum bahwa gerakan bukanlah kemajuan. Limbah yang ditemui selama transportasi atau penanganan material lebih dari satu kali merupakan salah satu penyebab utama pemborosan di banyak pabrik. Pemetaan pabrik secara digital seperti yang dilakukan oleh Magna Steyr sangat penting untuk mengatasi masalah seperti itu yang ditemui di pabrik produksi yang tidak dirancang dengan baik. Untuk memetakan pabrik secara digital, pertama-tama, jalur yang akan dilacak di area produksi dan gudang ditentukan melalui sensor gerak. Hal ini memungkinkan optimalisasi jalur terpendek untuk kendaraan dan pekerja. Sebagai konsekuensi dari optimalisasi ini, kendaraan menempuh jarak yang lebih pendek, sehingga mengurangi jumlah konsumsi bahan bakar. Lebih jauh lagi, dengan mengoptimalkan gerakan personel, waktu kerja dapat dihabiskan dengan lebih efektif.

Optimalisasi fungsi logistik diwujudkan melalui data yang dikumpulkan oleh IIoT pada variabel-variabel seperti posisi GPS, volume pengiriman, waktu henti, dan waktu pengiriman. Semua informasi pengiriman dapat diakses oleh anggota rantai pasokan melalui sensor sehingga meningkatkan cara untuk memantau produk. Ini menurunkan biaya pengembalian produk sambil menyertai kepuasan pelanggan. Seseorang harus melakukan proses manajemen stok dengan estimasi dan prakiraan dalam situasi di mana pemantauan waktu nyata tidak digunakan. Situasi di mana tidak ada atau penghitungan berulang dari beberapa stok dapat terjadi selama pengumpulan data manual. Evaluasi stok melalui sensor membantu

mengatasi masalah tersebut dan memungkinkan pelaksanaan manajemen stok yang tepat. Selain itu, pengumpulan data tentang lokasi stok bahan baku, produk antara, dan produk akhir serta jarak yang ditempuh oleh operator untuk mencapai stok ini memungkinkan desain gudang pintar. Bisnis mengumpulkan data melalui aplikasi IIoT tentang suhu, kelembapan, atau cahaya matahari serta konsumsi energi di gudang untuk mengelola sumber daya secara efektif dan memastikan bahwa stok tidak mengalami kerusakan apa pun.

Pemanfaatan IIoT dalam bisnis memungkinkan perencanaan produksi berdasarkan variabel dinamis yang berkaitan dengan pesanan pelanggan, proses produksi, dan ketersediaan sumber daya yang diperlukan. Produk yang cacat pada output stasiun kerja tertentu membuang-buang waktu operator di stasiun berikutnya, menambah biaya produk, dan menunda produksi.

Kita dapat menghindari pengiriman produk yang cacat ke stasiun kerja berikutnya melalui pemrosesan gambar, sebuah alat di antara teknologi IIoT. Kita dapat menentukan frekuensi, tingkat, dan tingkat produksi yang cacat dengan memproses data melalui analisis big data di stasiun kerja masing-masing. Karena hal ini memungkinkan kita untuk melakukan intervensi sebelum produk mencapai kendali mutu, hal ini menghindari pemborosan sumber daya bisnis.

Dalam konteks penelitian saat ini tidak dapat mengakses aplikasi yang direalisasikan oleh perangkat IIoT karena keterbatasan biaya dan waktu. Kami sedang mempertimbangkan sebuah studi melalui studi kasus tunggal pada pemeriksaan lokasi bisnis yang menggunakan metode kuantitatif untuk pekerjaan di masa mendatang.

## 5.6 RINGKASAN

Kemajuan teknologi yang terjadi pada abad ke-20 memengaruhi kehidupan manusia baik di tingkat sosial maupun bisnis. Rantai pasokan, teknologi produksi, dan sistem bisnis juga sedang direnovasi dan diubah untuk merangkul perkembangan ini. Meningkatnya popularitas aplikasi IIoT secara bertahap setelah Industri 4.0 diikuti dengan cermat oleh para akademisi dan praktisi. Kami melihat bahwa aplikasi IIoT telah mencapai keuntungan yang signifikan di berbagai bidang melalui studi kasus. Ketika bisnis menyadari keuntungan tersebut, pemilik bisnis, pemegang saham, dan manajer akan lebih cenderung berinvestasi pada IIoT. Lebih jauh, kami mengantisipasi bahwa IIoT mungkin memiliki efek pengganda dan berkontribusi pada pengembangan berbagai teknologi.

Komunikasi antar objek fisik menjadi lebih intens dan bisnis menjadi lebih mudah dikelola secara efektif melalui aplikasi IIoT. Para eksekutif bisnis kini dapat memetakan pabrik mereka secara digital, mengembangkan simulasi, merencanakan pemeliharaan prediktif, dan memantau konsumsi energi secara real time berkat perangkat IIoT. Selain itu, banyak proyek yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dapat diimplementasikan baik pada tingkat departemen maupun di seluruh bisnis. Namun, seperti yang dikatakan O'Halloran dan Kvachko (2015), kita tidak boleh berharap untuk melihat dampak langsung dari usaha-usaha ini. Seperti yang terlihat dalam studi kasus, para peneliti gagal untuk memperoleh persamaan yang menggunakan semua variabel independen di antara bisnis yang diteliti. Sementara

keragaman sektoral merupakan faktor yang signifikan, kita juga tidak boleh mengesampingkan fakta bahwa IIoT terbentuk secara bertahap.

Perangkat IIoT meningkatkan produktivitas dengan memungkinkan penggunaan sumber daya perusahaan yang lebih efisien. Perangkat tersebut juga mengurangi konsumsi energi, tenaga kerja, dan biaya logistik seperti yang ditunjukkan oleh studi kasus. Untuk mempertahankan daya saing mereka, bisnis harus membedakan diri dari pesaing mereka dalam hal biaya, kecepatan, kualitas, dan fleksibilitas. Dengan demikian, kita dapat mengatakan bahwa perangkat IIoT membantu bisnis untuk mempertahankan daya saing mereka dengan berkontribusi pada produktivitas mereka.

## BAB 6

### INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS DALAM RANTAI PASOKAN

*Industrial Internet of Things* (IIoT) mengacu pada perluasan *Internet of Things* dan digunakan untuk keperluan industri seperti manufaktur, rantai pasokan. IIoT dapat dihubungkan dengan miliaran perangkat dan mesin industri yang mendukung pembelajaran mesin dan teknologi big data. Karena potensinya untuk mengotorisasi pengambilan keputusan yang lebih cepat dan lebih baik, IIoT menjadi penting untuk proses rantai pasokan. IIoT ditetapkan untuk merevolusi rantai pasokan dengan efisiensi operasional dan peluang pendapatan yang dimungkinkan hanya dengan jenis transparansi ini.

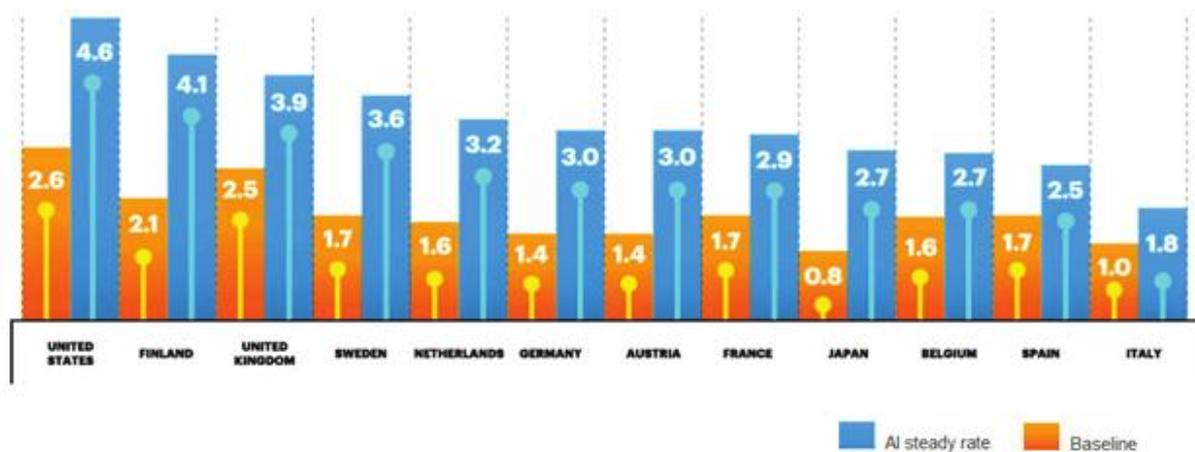
Dalam bab ini mencoba untuk mengisi kesenjangan ini dengan mengembangkan kerangka kerja konseptual untuk memprediksi keuntungan dari IIoT dan kinerja rantai pasokan. Bab ini mensintesis tinjauan pustaka yang ada dan membuat analisis bibliometrik pada IIoT dan rantai pasokan. Selain itu, bab ini juga menguraikan jalan dan peluang untuk penelitian masa depan yang bertujuan pada kontribusi IIoT terhadap proses Rantai Pasokan.

#### 6.1 PENDAHULUAN

*Internet of Things* (IoT) adalah jaringan komunikasi perangkat fisik, mesin mekanis dan elektronik, item lain yang tertanam dengan benda atau objek komunikasi - seperti tag Identifikasi Frekuensi Radio, sensor. IoT dapat mengidentifikasi, mentransfer, dan mengumpulkan data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia-ke-manusia atau manusia-ke-komputer. IoT yang muncul pada awal abad ke-21, merupakan komponen teknologi terpenting dari filosofi dasar Industri 4.0. Kevin Ashton, salah satu pendiri Pusat Auto-IDI MIT, memperkenalkan istilah *Internet of Things* dalam presentasi yang diajukan untuk Procter & Gamble pada tahun 1999. IoT adalah teknologi baru yang berkembang pesat dalam skenario teknologi informasi dan komunikasi. Menurut laporan yang disiapkan oleh Cisco, jumlah perangkat yang terhubung ke *Internet of Things* diperkirakan mencapai 3,47 pada tahun 2015, sedangkan rata-rata jumlah perangkat yang terhubung per orang kemungkinan akan mencapai 6,58 pada tahun 2020. IIoT adalah bagian dari IoT dan terutama difokuskan pada proses manufaktur dan industri. *Industrial Internet of Things*, nama lainnya adalah “*Industrial Internet*,” dicetuskan oleh General Electric (GE) pada akhir tahun 2012. Istilah ini juga disebut “*Internet of Everything*” atau “*Internet 4.0*” oleh Cisco.

IIoT adalah istilah untuk semua perangkat industri, komputer, objek yang dapat bekerja sama melalui jaringan nirkabel untuk meningkatkan proses manufaktur dan industri. Konfigurasi perangkat fisik, mesin mekanis dan elektronik, item lain yang tertanam dengan benda atau objek komunikasi - seperti tag Identifikasi Frekuensi Radio, sensor memungkinkan pengumpulan, pertukaran, dan analisis data, yang berpotensi memfasilitasi perkembangan dalam produktivitas dan efisiensi serta manfaat ekonomi lainnya. Lapisan perangkat lunak ketersediaan tinggi memainkan peran penting dalam jenis komunikasi ini. Dengan itu, kemungkinan untuk menggunakan *Internet of Things* di semua industri terjamin. Jadi, ini

berarti bahwa sistem jaringan untuk bekerja dengan sistem lain untuk memberikan informasi diperbolehkan. Misalnya, dengan informasi tersebut melalui jaringan, beberapa karyawan dapat diberi tahu tentang masalah dan bereaksi dengan cepat. Semakin banyak industri data yang terhubung secara daring, dan perangkat lunak akan dapat digunakan untuk mengoptimalkan semuanya. Menurut analisis Accenture, kontribusi teknologi IIoT terhadap PDB kumulatif diperkirakan mencapai \$10,6 triliun pada tahun 2030 untuk 20 negara. Selain itu, IIoT dapat memberikan kontribusi triliunan dolar bagi ekonomi global pada tahun 2030 (lihat Gambar 6.1). Hasil survei Accenture menunjukkan bahwa IIoT akan menyediakan banyak peluang kerja untuk jangka panjang.



**Gambar 6.1. Teknologi IIoT menunjukkan PDB kumulatif**

IIoT memungkinkan percepatan produksi dengan memungkinkan akuisisi dan aksesibilitas data dalam jumlah yang jauh lebih signifikan pada kecepatan mesin yang jauh lebih tinggi; oleh karena itu, beberapa perusahaan inovatif telah mulai menerapkan IIoT dengan memanfaatkan perangkat cerdas dan terhubung di pabrik mereka. Misalnya, ThyssenKrupp - salah satu produsen lift terkemuka di dunia dan melayani 1,1 juta lift di seluruh dunia, memutuskan untuk menggunakan teknologi IIoT untuk menyediakan layanan yang lebih efisien, mencegah malfungsi, dan mengurangi waktu tunggu lift. Segala hal mulai dari panas mesin pada lift hingga kecepatannya dikontrol oleh ribuan sensor dan dihubungkan ke layanan Microsoft Azure Intelligent Systems. Dengan Power BI untuk Office 365, hal tersebut telah ditransfer ke sistem pemantauan dan pelaporan waktu nyata. Hal tersebut telah mencapai keuntungan signifikan dalam hal pemeliharaan dan pelacakan masalah. Walmart - salah satu perusahaan pengecer terbesar - menggunakan adopsi awal teknologi RFID untuk melacak stok mereka sehingga pesanan pelanggan akan terpenuhi lebih cepat. Shaspa IBM menggunakan solusi IIoT untuk memberikan analitik waktu nyata, pengambilan keputusan lokal, dan otomatisasi cerdas. Platform Internet of Things yang disebut Shaspa Service Delivery Framework memungkinkan untuk menggabungkan dan mengendalikan berbagai perangkat rumah tangga, sistem otomatisasi, sistem seluler dari banyak produsen global.

Mereka membangun platform Internet of Things yang disebut Shaspa Service Delivery Framework. Mereka merancang alat yang disebut Shaspa Bridge yang dapat terhubung dan mengendalikan berbagai sistem otomatisasi gedung, peralatan rumah tangga, dan perangkat seluler dari ratusan produsen. Sensor pintar dapat ditempatkan ke dalam perangkat rumah tangga seperti mesin cuci, televisi, AC, dll. Dengan bantuan sensor cerdas, sistem dapat memantau parameter rumah seperti konsumsi energi, mengendalikan keamanan, suhu, dan tingkat karbon di dalam rumah.

Teknologi IIoT menggabungkan pembelajaran mesin, data besar, sensor dan jaringan nirkabel, mesin ke mesin (M2M) yang merupakan komponen utama Industri 4.0. Industri 4.0 adalah revolusi yang meluas yang mencakup banyak inovasi seperti pemindahan proses produksi sepenuhnya ke robot, kecerdasan buatan dan teknologi Internet, printer tiga dan empat dimensi, analisis data besar, robot otonom, Internet of things. Internet of things memungkinkan komunikasi mesin ke mesin (M2M). M2M memfasilitasi pertukaran informasi dengan menghubungkan perangkat, mesin dan peralatan, dan sistem perencanaan sumber daya perusahaan (ERP). Secara umum, sistem M2M terdiri dari sensor, RFID, dan inframerah yang diterima untuk pengumpulan data pada perangkat komunikasi mesin seperti Ethernet, Wi-Fi untuk mengirimkan data mereka ke mesin lain dan untuk memastikan komunikasi yang berhasil.

Dengan pesatnya perkembangan teknologi ini, sejumlah besar data yang dikumpulkan dari berbagai sumber dapat diproses, dianalisis tepat waktu. Big data yang dikumpulkan dari perangkat IIoT mengungkap pola tersembunyi, tren pasar, kesalahan mesin, preferensi pelanggan, dan informasi berguna lainnya yang dapat membantu pemasok dan produsen. Selain itu, big data dapat membentuk jadwal perawatan yang ketat untuk mesin, produk, dan mengurangi ketidakmampuan serta biaya perawatan. Dalam semua proses rantai pasokan, sejumlah besar data yang dikumpulkan dari semua proses rantai pasokan memberikan wawasan yang lebih baik tentang kebutuhan pelanggan, kemampuan peramalan dalam pemasaran, prediksi permintaan, pengembangan produk, dan umpan balik pelanggan.

Teknologi kunci lain untuk IIoT adalah Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) yang merupakan jaringan yang terdiri dari simpul sensor di mana setiap simpul dilengkapi dengan sensor untuk memantau kondisi fisik seperti panas, tekanan, getaran, tingkat pH, kelembaban, tingkat kebisingan, dll. secara kooperatif. WSN berisi ratusan atau bahkan ribuan simpul sensor yang dapat merasakan dan bertukar informasi di antara perangkat yang berbeda secara otomatis.

Dengan kemajuan teknologi yang signifikan, sensor WSN yang murah, kecil, tahan lama, dan digunakan dalam jumlah besar, memberikan peluang signifikan untuk memantau dan mengendalikan perangkat dan lingkungannya.

Tujuan dari bab ini adalah untuk menyelidiki dampak implementasi berbasis IIoT pada rantai pasokan. bab ini menganalisis penelitian terbaru yang berusaha untuk membawa diskusi lebih jauh dengan bantuan kerangka kerja konseptual untuk meneliti hubungan antara rantai pasokan dan IIoT. Ia melakukan analisis tinjauan dan profil bibliometrik pada IIoT dan Rantai Pasokan antara tahun 2016 dan 2019.

Analisis ini terdiri dari enam kriteria utama: (i) lokasi geografis, (ii) mengidentifikasi subjek utama publikasi, (iii) negara tempat publikasi tersebut berada, (iv) analisis jaringan sosial, (v) mengelompokkan publikasi yang paling banyak dikutip, (vi) analisis kutipan bersama berdasarkan sumber. Hasilnya menunjukkan beberapa temuan terpenting dari penelitian dan menunjukkan beberapa arah menuju studi lebih lanjut tentang Internet Industri Segala dan Rantai Pasokan. Secara khusus, hasilnya menunjukkan bahwa pemeriksaan dan analisis IIoT dan rantai pasokan telah meningkat secara bertahap selama periode terakhir. Pertumbuhan yang dipercepat di bidang ini akan terus menyebar ke setiap bagian operasi bisnis dan membentuk kembali manajemen rantai pasokan. Bab ini menawarkan wawasan mengenai kontribusi jurnal ilmiah terhadap penelitian terkait IIoT.

## 6.2 PERBEDAAN ANTARA IOT DAN IIOT

IoT dan IIoT dapat dibedakan berdasarkan beberapa parameter. Parameter tersebut adalah keamanan, interoperabilitas, skalabilitas, presisi, pemrograman, keandalan, otomatisasi, kemudahan servis. IIoT adalah jaringan mesin dan objek pintar yang menyematkan sensor dan perangkat pintar untuk berkomunikasi, memantau, dan berinteraksi dari jarak jauh dengan lingkungan sekitarnya. Dalam visi tersebut, dunia fisik menyatu dengan dunia digital melalui IIoT.

Internet Industri dapat didefinisikan lebih spesifik untuk Teknologi Informasi (TI), khususnya perangkat keras dan teknologi layanan di balik IoT. IIoT juga menggunakan berbagai perangkat teknologi canggih untuk mengelola proses manufaktur.

Keamanan merupakan masalah penting dan kritis untuk semua solusi IoT. Misalnya, ketika terdapat kurangnya keamanan dalam lini produksi yang didukung oleh perangkat IIoT, gangguan pada proses manufaktur bervolume tinggi mengakibatkan hilangnya produksi yang menghabiskan biaya jutaan dolar per hari. Oleh karena itu, solusi IIoT harus menggunakan perbedaan dalam sistem keamanan tingkat lanjut.

Operasi manufaktur industri memerlukan tingkat sensitivitas dan akurasi yang lebih tinggi. Proses produksi otomatis dengan volume tinggi dan kecepatan tinggi dikoordinasikan hingga milidetik. Sistem Jaminan Kualitas mengidentifikasi variasi kecil dan mengambil tindakan pencegahan berdasarkan pengukuran kualitas. Jika pencegahan ini tidak dilakukan, produksi akan mengalami kerugian pendapatan, waktu henti, dan efisiensi biaya. Solusi IIoT memungkinkan untuk mengendalikan operasi dan mendukung aplikasi keamanan tambahan solusi IIoT. Solusi IIoT menggunakan banyak jenis langkah keamanan mutakhir, chipset khusus, enkripsi dan autentikasi, deteksi ancaman, hingga proses manajemen untuk memastikan keamanan industri.

Interoperabilitas adalah parameter lain yang membedakan IoT dari IIoT. Interoperabilitas adalah kemampuan sistem atau komponen untuk berkomunikasi satu sama lain. Perangkat IIoT harus berbicara dalam bahasa yang sama untuk komunikasi yang efektif. Misalnya, dua mesin telah dibuat oleh perusahaan yang berbeda, dan keduanya tidak akan dapat berkomunikasi satu sama lain karena perangkat lunaknya yang berbeda-beda.

Solusi IIoT mendukung sejumlah besar sensor, perangkat, robot, dan pengendali untuk mendapatkan informasi melalui koneksi internet. Semua organisasi jaringan ini, Skalabilitas dalam IIoT, memungkinkan produsen untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan jaringan dan memenuhi persyaratan yang berubah di masa mendatang.

Presisi sangat penting untuk mengoperasikan solusi IIoT. IIoT adalah lingkungan perangkat yang terhubung yang berbagi data untuk memungkinkan analisis dan pengambilan keputusan lokal. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan proses industri agar dapat berkomunikasi dan bekerja sama satu sama lain secara real-time. Solusi IoT industri harus mendukung operasi di mana presisi dan akurasi tinggi menjadi "bisnis seperti biasa."

Semua mesin dan perangkat dapat diprogram dan dikonfigurasi ulang secara berkala untuk mendukung teknologi dan proses baru. Solusi IoT industri yang mendukung aplikasi industri dan manufaktur harus memberikan fleksibilitas dan kemampuan beradaptasi yang sama untuk mendukung operasi.

Kerangka kerja modern bekerja dalam skala periode yang panjang sebelum penggantian – dua puluh hingga tiga puluh tahun bukanlah hal yang belum pernah terjadi sebelumnya. Kerangka kerja tersebut bekerja dalam situasi yang keras seperti panas ekstrem, dingin, getaran tinggi, berat, dan kondisi yang tidak aman.

Kerangka kerja tersebut dapat beroperasi di lokasi terpencil, jauh dari komando pusat. Solusi IoT industri dapat tunduk pada ketentuan dan persyaratan yang sama. Keandalan merupakan parameter penting untuk meningkatkan produktivitas manufaktur.

Proses industri yang didukung IIoT memerlukan sistem otomasi mutakhir. Produsen menggunakan robot, sensor, dan perangkat lain yang terhubung ke server untuk mengotomatiskan proses. Mesin yang terhubung pada IIoT dapat terus memantau dan melaporkan tingkat output, mendeteksi variabel input yang dapat disesuaikan secara otonom, yang memungkinkan sistem otomasi.

Kemudahan servis merupakan persyaratan kinerja berkelanjutan yang menyediakan keandalan dan prediktabilitas dalam sistem industri. Ini mencakup, misalnya, fungsi manajemen perangkat untuk mendapatkan gambaran umum dari semua pengguna yang masuk, untuk melihat detail tentang semua perangkat yang diluncurkan, aplikasi yang diinstal, status baterai, serta pembaruan melalui udara untuk manajemen perangkat lunak

### **6.3 ARSITEKTUR INTERNET INDUSTRI**

Internet Industri memiliki banyak Teknologi Informasi dan Komunikasi baru yang berbeda seperti sensor, IoT, Jaringan Nirkabel Industri (IWN), layanan Internet, Mesin ke Mesin (M2M), sistem berbasis cloud, dan berbagai aplikasi.

Arsitektur internet industri terdiri dari empat komponen utama: sensor, mesin, jenis peralatan, dan jaringan internet. Desain arsitektur ini memerlukan pengetahuan, keterampilan, dan teknologi khusus. Mesin dan perangkat yang didukung oleh kecerdasan buatan dapat berkomunikasi satu sama lain secara instan. Pengumpulan data dilakukan melalui Internet (jaringan nirkabel berkecepatan tinggi Evaluasi Jangka Panjang), Wi-Fi (jaringan area lokal nirkabel), turunan IEEE 802.15-4, ZigBee, Bluetooth, dan jalur komunikasi,

alat, serta protokol. Infrastruktur berbasis cloud dan penyimpanan data besar memainkan peran penting dalam proses mengubah data menjadi informasi. Pendekatan berbasis cloud dapat memenuhi pertukaran informasi yang mengesankan dan memenuhi persyaratan sistem IIoT. Tujuan komputasi berbasis cloud tidak hanya untuk menyimpan data dan bertukar data. Perangkat lunak analitis dalam sistem ini berfungsi untuk meningkatkan proses bisnis dan alur kerja dengan memungkinkan pemrosesan data.

Analisis prediktif memainkan peran penting dalam memastikan kelancaran pengoperasian sistem dan mesin serta mencegah kejadian yang tidak terduga seperti kerusakan. Berkat data dan informasi yang disediakan oleh struktur teknologi baru, tidak hanya pekerjaan saat ini yang ditingkatkan, tetapi juga landasan untuk penciptaan model bisnis baru disiapkan.

Mesin ke Mesin (M2M) mengacu pada berbagai perangkat teknologi yang memungkinkan komunikasi satu sama lain, pertukaran informasi, dan pengambilan keputusan tanpa bantuan manusia secara manual. Teknologi seperti sensor pintar, prosesor dan aktuator tertanam menangkap dan menyimpan data dari perangkat yang berbeda.

M2M berarti solusi yang memungkinkan komunikasi melalui jaringan nirkabel atau kabel antara jenis perangkat yang sama dan aplikasi tertentu, dan solusi ini memungkinkan pengguna akhir untuk mendapatkan data tentang peristiwa aset. M2M adalah bagian dari visi IoT di mana benda sehari-hari terhubung ke lingkungan sekitar dan dikelola dengan perangkat, jaringan, dan server berbasis cloud. Biasanya M2M digunakan untuk mengurangi biaya, mencapai peningkatan produktivitas, dan meningkatkan keselamatan atau keamanan. Namun, solusi M2M pada umumnya tidak memungkinkan berbagi data secara luas atau menghubungkan perangkat secara langsung ke Internet. Solusi sistem M2M dapat memantau dan mengendalikan aset perusahaan dari jarak jauh di semua proses bisnis. Solusi sistem M2M yang umum dibentuk dari perangkat M2M, jaringan komunikasi, pemberdayaan layanan, aplikasi, dan integrasi ke dalam proses perusahaan dengan sistem teknologi informasi (sistem TI).

Komunikasi M2M terdiri dari tiga fase: pengumpulan, transmisi, dan pemrosesan data. Fase pengumpulan data adalah prosedur yang digunakan untuk memperoleh data fisik. Fase transmisi data berisi mekanisme untuk mengirimkan data yang dikumpulkan dari area komunikasi ke server eksternal. Fase pemrosesan data berarti menganalisis dan menangani data serta memberikan umpan balik untuk mengendalikan aplikasi.

Di awal lapisan terendah ekosistem IIoT, kita menemukan dunia benda atau, dengan kata lain, lapisan persepsi. Di sinilah sumber data, tempat kejadian di dunia fisik dan material, dengan bantuan teknologi, diubah menjadi sinyal dan format digital yang sesuai untuk transmisi dan pemrosesan lebih lanjut dalam lingkungan IIoT.

Pengatur, modul, atau bahkan subsistem perangkat keras yang mewujudkan hal ini dikenal sebagai sensor. Secara sederhana, sensor berada dalam sistem TI dengan peran menghasilkan sinyal digital, memiliki kemampuan untuk berkomunikasi melalui transmisi sinyal dan menjalankan fungsi dan instruksi logika.

Tujuan komputasi awan bukan hanya untuk menyimpan data. Perangkat lunak analitis dalam lingkungan ini berfungsi untuk meningkatkan proses bisnis dan alur kerja dengan memungkinkan pemrosesan data. Analisis prediktif memainkan peran penting dalam memastikan operasi sistem dan mesin yang tidak terganggu dan mencegah kejadian yang tidak terduga seperti kerusakan. Berkat data dan informasi yang disediakan oleh struktur teknologi baru, tidak hanya pekerjaan saat ini yang ditingkatkan, tetapi juga dasar untuk penciptaan model bisnis baru disajikan.

Beberapa komponen diperlukan untuk mewujudkan Internet industri. Komponen pertama adalah "komunikasi" yang memodelkan bagaimana perangkat yang tertanam sensor berkomunikasi satu sama lain. Alat-alat ini memungkinkan komunikasi antara antarmuka yang berbeda. Komponen kedua adalah layanan internet industri, sehingga mesin dan sistem dapat digunakan sebagai layanan.

#### **6.4 KONTRIBUSI DAN KEUNTUNGAN IIOT DALAM MANUFAKTUR DAN RANTAI PASOKAN**

Meskipun IIoT pertama kali muncul sebagai pendekatan berbasis manufaktur, pendekatan ini juga telah memengaruhi banyak industri yang terkait dengan manufaktur. Mengingat bahwa manufaktur dan rantai pasokan membentuk satu kesatuan yang utuh, solusi IIoT diharapkan akan membentuk kembali operasi manufaktur, transportasi, dan logistik. Solusi ini memberikan kontribusi positif pada semua tahap Manajemen Rantai Pasokan, mulai dari produksi hingga pengiriman produk akhir ke pelanggan. Dengan bantuan teknologi pelengkap IIoT, yaitu RFID, sensor, Global-positioning system (GPS), electronic data interchange (EDI), dan peralatan penginderaan informasi dapat melacak secara teratur seluruh operasi rantai pasokan. Mereka perlu memiliki tujuh persyaratan penting yaitu kualitas yang tepat, pada waktu yang tepat, di tempat yang tepat, dan barang yang tepat dengan jumlah yang tepat, dalam kondisi yang tepat, dan dengan harga yang tepat untuk manajemen rantai pasokan. Dengan memperkirakan informasi dari produk dan material, kecelakaan yang dapat terjadi dalam proses rantai pasokan dapat diprediksi, dan peringatan dapat diberikan lebih awal.

Teknologi RFID dan sensor memungkinkan komputer untuk memahami, mengidentifikasi, dan mengamati lingkungan rantai pasokan. Dengan bantuan tag RFID dan sensor, produk dan bahan baku yang tersisa di gudang dapat dipantau untuk sementara waktu, dan pergerakan objek dapat diikuti dengan mudah. Oleh karena itu, jumlah produk yang tersisa di gudang, berapa banyak produk yang dipesan, jumlah produk yang dibutuhkan, seperti informasi, dapat disediakan dengan cepat dan terkini. Proses pergudangan cerdas dengan sensor panas dan pencahayaan juga ditawarkan untuk menghemat energi dan biaya. Sementara itu, kecepatan forklift yang digunakan untuk mengangkat produk di gudang dapat dikontrol oleh sensor, sehingga mencegah selip saat bergerak dan meminimalkan risiko. Tag RFID yang ditempatkan di lantai forklift juga dapat memungkinkan pengangkat untuk menentukan kecepatan mereka dan di mana kecepatan harus lebih lambat. Sistem penyimpanan otomatis yang cerdas dan sistem konveyor dan sortir dapat dengan mudah memisahkan produk dan material dengan lebih efisien dan dapat ditempatkan dalam waktu

singkat. IIoT tidak hanya berdampak pada transportasi dan rantai pasokan, tetapi juga dapat menyederhanakan kehidupan karyawan, dan meningkatkan produktivitas dengan jalur pejalan kaki yang cerdas dan manajemen gudang yang cerdas.

Fakta bahwa mesin dan objek berkomunikasi satu sama lain dengan akses instan ke data dalam aplikasi IIoT membuat layanan rantai pasokan lebih efisien. Di sektor rantai pasokan dan manufaktur, sistem tim berbantuan komputer dan robot otonom akan mengurangi waktu yang dihabiskan untuk produksi, dan sumber daya akan digunakan secara lebih efisien. Kendaraan dan produk yang dikendalikan dari jarak jauh akan dapat menjangkau pelanggan dalam waktu yang lebih singkat. Terutama teknologi IIoT mengarah pada inovasi hebat dalam transportasi dan sektor rantai pasokan. Ini berkontribusi positif pada semua tahap rantai pasokan dan rantai pasokan, mulai dari produksi hingga pengiriman produk akhir ke pelanggan. Dengan teknologi pelengkap, yaitu RFID, sensor, Global-positioning system (GPS), electronic data interchange (EDI), dan peralatan penginderaan informasi dapat dengan mudah dilacak di seluruh aktivitas rantai pasokan. Mereka perlu memiliki tujuh persyaratan penting yaitu kualitas yang tepat, pada waktu yang tepat, di tempat yang tepat dan barang yang tepat dengan jumlah yang tepat dan dalam kondisi yang tepat dan dengan harga yang tepat untuk manajemen rantai pasokan. Dengan memperkirakan informasi dari produk dan bahan, kecelakaan yang dapat terjadi dalam proses rantai pasokan dapat diprediksi, dan peringatan dapat diberikan sebelumnya.

IIoT digunakan dalam semua proses, mulai dari pasokan pemasok hingga penanganan material, pengangkutan material, produksi hingga menjangkau pelanggan terbaru. IIoT dapat mengoptimalkan seluruh proses sistem manajemen transportasi (TMS). Dengan mengintegrasikan teknologi GPS yang ditempatkan ke dalam kendaraan pengangkut, ia dapat memantau dan mempelajari semua informasi yang relevan (misalnya, rute, kondisi pengiriman, dan status pengiriman) yang terkait dengan barang pintar yang diangkut. Internet of Objects mendeteksi kesalahan pengembalian dan mengurangi biaya pengembalian dan kerusakan produk. Material yang datang ke pabrik memulai proses produksi dengan rencana produksi waktu nyata. Teknologi ini membuat keputusan yang lebih optimis dan lebih cepat daripada produsen lain dan dapat membuat keputusan ini lebih cepat bagi staf dan karyawan mereka. Ketika mesin terhubung satu sama lain (M2M), data yang dihasilkan dengan cepat ditransfer satu sama lain melalui dukungan internet berkecepatan tinggi melalui perangkat lunak yang menghasilkan data setiap perangkat, dan memungkinkan untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan lebih efektif dengan melihat hasil yang diperoleh dari data. Selain itu, IIoT menyediakan banyak keuntungan bagi para pemangku kepentingan dalam rantai pasokan untuk menganalisis data di setiap tahap produksi dan memperluas proses otomatis untuk menyatukan sistem yang sebelumnya berbeda.

Kontribusi dan aplikasi IIoT pada proses manufaktur dan rantai pasokan dapat diidentifikasi terlebih dahulu:

**Perawatan:** Dengan bantuan sensor yang ditempatkan di dalam mesin, detail dapat diprediksi kapan mesin perlu dirawat dan bagian mana yang lebih aus daripada yang lain. Dengan demikian, kontinuitas produksi terjamin. Pada saat yang sama, bahan

baku yang diproses dalam mesin ini tidak harus diikuti dengan metode konvensional. Internet industri dapat menghubungkan rantai pasokan ke rantai produksi dan bahkan memesan bahan baku yang dibutuhkan sesuai dengan jumlah produksi.

**Manajemen Inventaris:** Manajemen inventaris merupakan bagian penting dari rantai pasokan dan operasi manufaktur. Ini membantu mengatasi masalah yang dihadapi dalam manufaktur, seperti produksi berlebih, kehabisan stok, pemborosan produk cacat. Dengan pengembangan IIoT, jumlah bahan baku yang tersisa di gudang dapat dilacak secara real-time dan memeriksa pemanfaatan ruang. RFID dan tag sensor dapat menyimpan lebih banyak informasi tentang barang, dan mengomunikasikannya ke sistem inventaris, sehingga jumlah barang yang tersisa, jumlah produk yang dipesan, jumlah bahan yang dibutuhkan dapat diperbarui secara bersamaan. Kecepatan forklift yang digunakan dalam pengangkutan produk di gudang dapat dikontrol dengan sensor, dan risiko kecelakaan dapat diminimalkan. Robotika yang mendukung IIoT juga dapat menyediakan layanan pengambilan dan pengemasan produk. Dengan mengotomatiskan tugas-tugas yang berulang, upaya manusia dapat dialokasikan ke tempat lain. Ini membantu mengurangi kerusakan inventaris dan ketidakakuratan pesanan. Dengan sistem konveyor dan pemisah yang cerdas, produk dan material dapat dipisahkan dengan mudah; komponen ditempatkan di tempat yang seharusnya dengan lebih efisien dan dalam waktu yang lebih singkat.

**Manajemen Fasilitas:** Sensor IIoT yang tertanam ke dalam peralatan manufaktur memicu peringatan jika terjadi pemeliharaan berdasarkan kondisi. Sebagian besar peralatan sangat penting dan dirancang untuk beroperasi di antara rentang suhu dan putaran tertentu. Setiap kali peralatan keluar dari parameter yang diprediksi, sensor IIoT dapat dipantau secara aktif dan mengirimkan peringatan kepada operator. Dengan cara ini, produsen dapat menghemat energi, mengurangi biaya, menghilangkan waktu henti mesin, dan meningkatkan kemampuan operasional dengan menetapkan lingkungan kerja yang ditentukan. Wei, Hong, & Alam (2016) menerapkan platform manajemen energi berbasis IoT di fasilitas industri. Mereka membuktikan bahwa platform berbasis IoT dapat memainkan peran penting. Hasilnya menunjukkan bahwa arsitektur berbasis IoT tidak hanya dapat meningkatkan interkoneksi antara perangkat dan mesin, tetapi juga menurunkan biaya energi fasilitas.

**Pemantauan Aliran Produksi:** IIoT dalam manufaktur dapat memantau seluruh lini produksi, mulai dari proses penyulingan hingga pengemasan produk jadi. Karena pemantauan proses yang lengkap ini berlangsung secara real-time, hal ini memberi kami ruang lingkup untuk merekomendasikan penyesuaian apa pun dalam operasi untuk manajemen biaya operasional industri yang lebih baik. Karena pemantauan dilakukan cukup ketat, hal itu tertinggal dalam produksi aktual, sehingga menghilangkan pemborosan dan pekerjaan yang tidak perlu.

Informasi yang dikumpulkan oleh sensor, GPS, dan kendaraan RFID dapat dipantau secara instan. Dengan cara ini, waktu transportasi dan rute transportasi dioptimalkan.

Dengan Google Maps dan API smartphone, citra mobil dan lokasinya akan direkam secara visual oleh penyedia logistik.

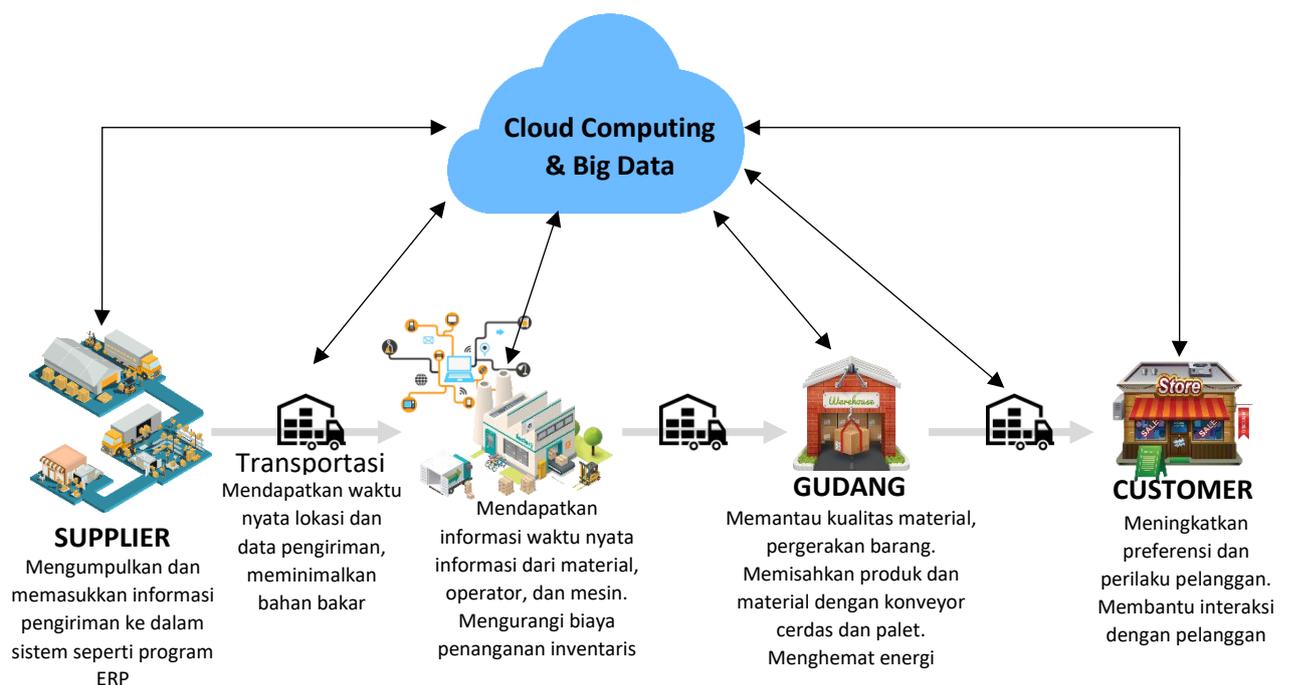
**Manajemen Kontrol Kualitas:** IIoT dapat memengaruhi kinerja kualitas selama semua tahap siklus produk. IIoT mengumpulkan data produk dan data pihak ketiga yang disinkronkan dari langkah-langkah fase produk. Data ini mencakup informasi apa pun seperti komposisi bahan baku yang diperlukan untuk pembuatan produk, suhu dan kondisi kerja, rute transportasi, dll. Operator kualitas dapat dengan mudah menganalisis pola dan membuat perubahan yang diperlukan saat produksi dilakukan.

**Optimalisasi Pengemasan:** Sensor IIoT yang tertanam dalam produk dan kemasan dapat secara otomatis menangani produk dari pelanggan yang berbeda dan dapat melacak kerusakan produk yang disebabkan oleh dampak cuaca, kondisi jalan, dan variabel lingkungan lainnya. Teknologi ini mengembangkan sistem pengemasan cerdas untuk mengurangi biaya di seluruh rantai pasokan dengan manfaat dalam hal pengelolaan logistik dan inventaris. Misalnya, pengemasan cerdas dapat secara otomatis menolak makanan berkualitas rendah sekaligus mencatat jumlah penolakan.

**Optimalisasi Logistik dan Rantai Pasokan:** Dalam aplikasi IIoT industri ini, teknologi ini menyediakan akses ke informasi waktu nyata dengan memantau material dalam pengiriman, produk, dan peralatan saat bergerak melalui rantai pasokan. Melalui pelaporan yang efektif, produsen dapat mengumpulkan dan memasukkan informasi pengiriman ke dalam sistem seperti Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (ERP), program Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM), dll. Jika produsen dapat terhubung dengan pemasok, semua pihak terkait dalam rantai pasokan dapat melacak saling ketergantungan, waktu siklus produksi, dan aliran material. Hasilnya, data ini akan membantu produsen mengurangi inventaris, memprediksi potensi masalah, dan mengurangi kebutuhan modal. IIoT dapat mengoptimalkan seluruh proses Sistem Manajemen Transportasi (TMS). Dengan mengintegrasikan teknologi GPS yang ditempatkan pada kendaraan pengangkut, ia dapat memantau dan mempelajari semua informasi yang relevan (misalnya, rute, kondisi pengiriman, dan status pengiriman) yang terkait dengan barang pintar yang diangkut. IIoT mendeteksi kesalahan pengembalian dan mengurangi biaya pengembalian dan kerusakan produk. Material yang datang ke pabrik memulai proses produksi dengan rencana produksi waktu nyata.

Machine to Machine (M2M) berarti teknologi yang memungkinkan perangkat pintar, sensor, prosesor dan aktuator tertanam, komputer untuk berkomunikasi satu sama lain, membuat keputusan tanpa atau dengan sedikit campur tangan manusia. M2M merupakan bagian dari visi IIoT bahwa setiap mesin dan peralatan yang digunakan dalam produksi saling terhubung. Teknologi ini membuat keputusan yang lebih optimis dan lebih cepat daripada produsen lain dan dapat membuat keputusan ini lebih cepat bagi staf dan karyawan mereka. Ketika jaringan dapat mengirimkan data ke dan dari setiap mesin, data yang dihasilkan dengan cepat ditransfer satu sama lain melalui dukungan internet berkecepatan tinggi melalui perangkat lunak yang menghasilkan data dari setiap perangkat, dan memungkinkan untuk membuat

keputusan yang lebih cepat dan lebih efektif dengan melihat hasil yang diperoleh dari data tersebut. Dengan membuat keputusan ini, sistem ini ditransfer baik ke staf di tempat kerja maupun manajer yang mengikuti pekerjaan dan ke semua perangkat, dan lingkungan kerja yang tersinkronisasi disediakan. IIoT memainkan peran penting dalam sistem manajemen hubungan pelanggan yang dapat membantu perusahaan produk untuk meningkatkan penjualan mereka, promosi produk baru, dan menyediakan layanan kepada pelanggan. Ini mencakup data dan informasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan pengalaman konsumen, memberikan wawasan tentang perilaku konsumen, yang akan menghasilkan pemahaman yang lebih baik tentang konsumen dan membantu memperkuat interaksi dan keterlibatan dengan konsumen.



**Gambar 6.2. Efek IIoT pada proses rantai pasokan**

## 6.5 TEKNOLOGI BIBLIOMETRI

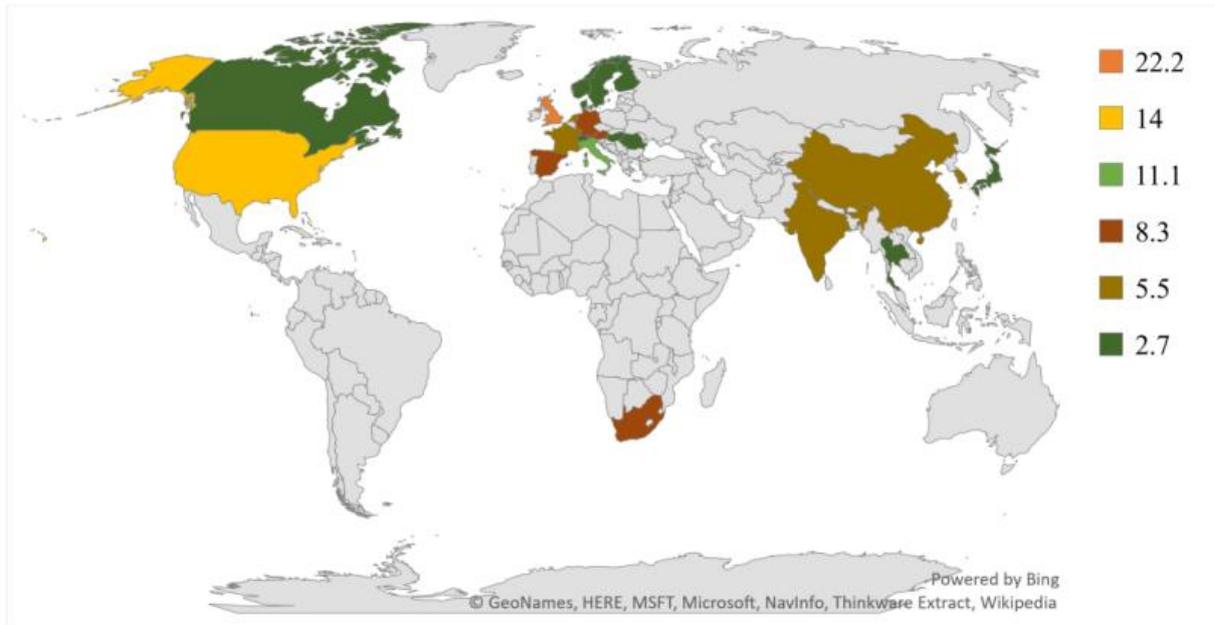
Pada bagian ini, penulis menganalisis penelusuran pustaka serta prosedur yang kami gunakan untuk memilih pustaka yang ditinjau. Cakupan utama tinjauan pustaka adalah memetakan dan mengevaluasi penelitian yang ada untuk mengidentifikasi studi mendatang. Untuk memetakan pustaka saat ini, kami melakukan pencarian kata kunci dalam basis data Scopus menggunakan kata kunci: "(i) industrial internet of things," "(ii) IIoT," "(iii) supply chain." Scopus memiliki basis data abstrak dan kutipan terbesar dari literatur yang ditinjau sejawat yang mencakup artikel jurnal, makalah konferensi, dan volume yang disunting, oleh karena itu kami lebih memilih indeks penelitian ini untuk menganalisis tinjauan pustaka dan pencarian bibliometrik. Cakupan penelitian ini difokuskan pada publikasi dari tahun 2019 hingga 2019. Upaya pencarian awal menghasilkan total 36 publikasi. Semua data disimpan dalam format Excel. CSV untuk menyertakan semua informasi penting tentang makalah

seperti judul makalah, nama penulis dan afiliasi, abstrak, kata kunci, nomor kutipan, jurnal, dan nama konferensi, serta referensi. Sistem produksi terdistribusi dan dinamisme teknologi (IIoT, big data, dll.) memengaruhi kerangka kerja manufaktur kota pintar.

Mereka menemukan bahwa teknologi kota pintar ini mendesain ulang proses rantai pasokan dan menghilangkan simpul rantai pasokan. Ehret dan Wirtz (2017) mengidentifikasi jenis utama model bisnis yang mendukung IIoT dan mengemukakan peluang dan ancaman IIoT pada ketidakpastian bisnis dan rantai pasokan. Jayaram (2016) mempelajari pendekatan six sigma dalam model manajemen rantai pasokan yang dapat diadopsi oleh implementasi IIoT dan Industri 4.0. Teknik Six Sigma mengurangi cacat proses dan manufaktur yang tidak perlu dan IIoT mengoptimalkan aktivitas manajemen rantai pasokan. Ardito, Petruzzelli, Panniello, & Garavelli (2019) mengembangkan analisis paten untuk memahami bagaimana teknologi digital seperti IIoT, big data, cloud computing, dan cybersecurity berpengaruh pada proses manajemen rantai pasokan – pemasaran (SCM-M). Urquhart dan McAuley (2018) mengemukakan kemungkinan risiko dan ancaman keamanan di berbagai titik dalam rantai pasokan energi baru; mereka membahas kerentanan keamanan yang muncul dari teknologi IIoT. Haverkort dan Zimmermann (2017) menganalisis empat artikel yang melibatkan inovasi, yaitu teknologi berbasis internet, IIoT, manufaktur pintar. Molka-Danielsen, PerEngelseth, & Hao Wang (2018) menyelidiki kualitas udara tempat kerja industri di logistik minyak lepas pantai. Studi ini menyimpulkan bahwa teknologi IIoT dan penginderaan pintar dapat secara efektif memantau kualitas udara di tempat kerja industri.

#### **Tinjauan Pustaka dari Waktu ke Waktu dengan Mempertimbangkan Lokasi**

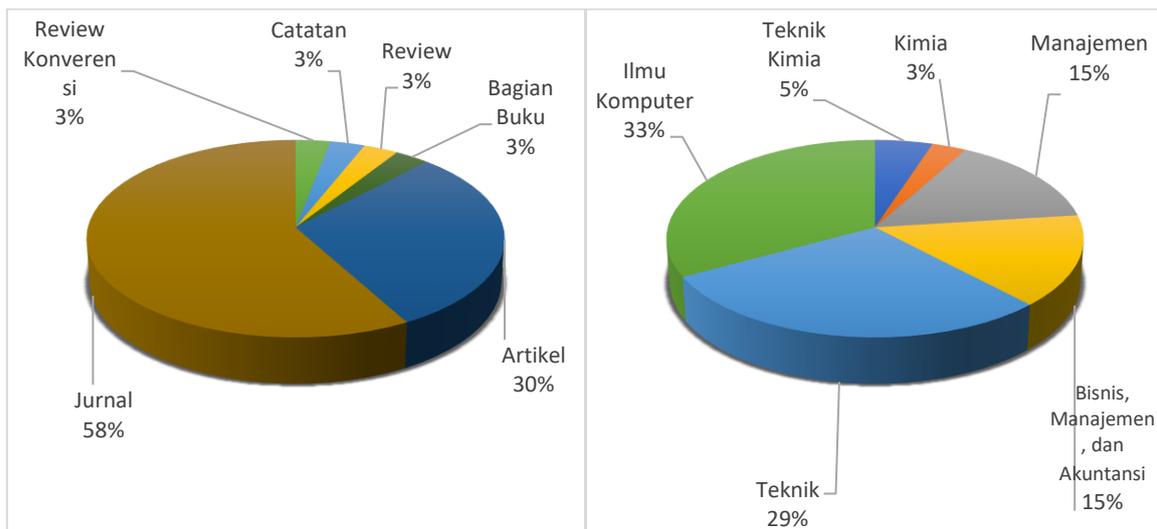
Bagian ini menunjukkan analisis publikasi tentang "internet industri untuk segala hal" dan "rantai pasokan." Studi dalam rantai pasokan yang digerakkan oleh IIoT sepenuhnya baru dalam literatur. Gambar 6.3 menunjukkan peta yang menunjukkan jumlah publikasi di seluruh dunia antara tahun 2016 dan 2019. Inggris Raya menyumbang jumlah studi paling signifikan untuk tinjauan ini (22%), diikuti oleh penelitian berbasis di Amerika Serikat (sekitar 14%), Italia (11%), Austria (8,3%), Jerman (8,3%). Lebih jauh lagi, jumlah publikasi meningkat secara bertahap selama periode dari Januari 2016 hingga September 2019.



**Gambar 6.3. Jumlah publikasi yang disertakan menurut negara/wilayah penelitian**

#### Tinjauan Pustaka dari Berbagai Sumber dan Subjek

Tinjauan ini akan membantu kita menentukan perhatian signifikan dari area penelitian yang kesenjangannya tampak jelas. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.4 (a), sebagian besar pekerjaan yang dilakukan pada IIoT dan Rantai Pasokan tersebar luas di antara makalah konferensi (58%). Bidang subjek utama makalah konferensi adalah Ilmu Komputer, Teknik, dan Ilmu Keputusan. Mayoritas artikel dengan pangsa 30% dalam total publikasi difokuskan pada Teknik dan Bisnis, Manajemen, dan Akuntansi (dapat dilihat pada Gambar 6.4(b)).

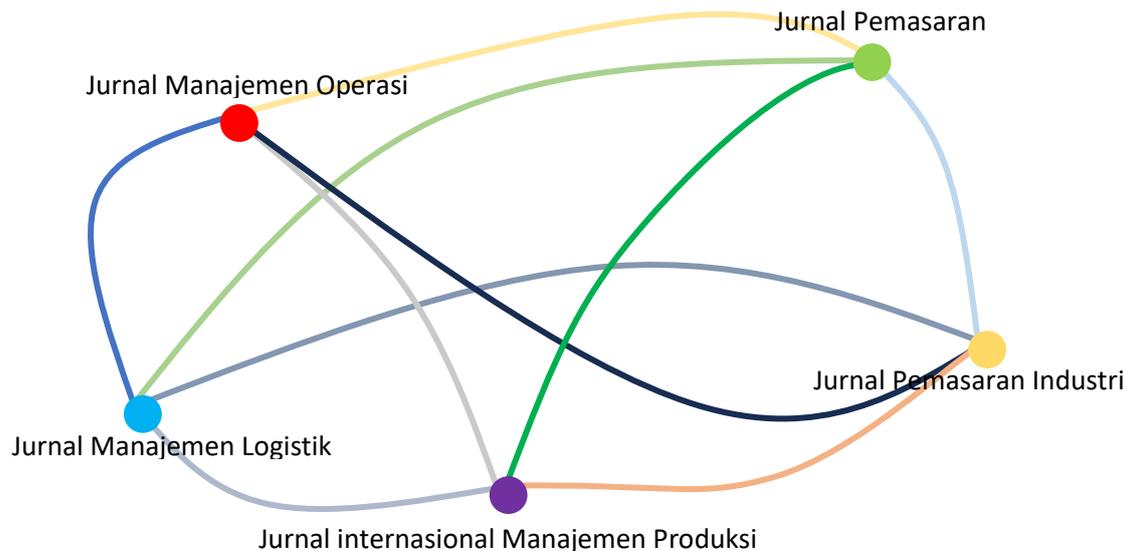


**Gambar 6.4. (a) Jenis dokumen publikasi (b) Distribusi makalah dengan kontribusi tertinggi dalam penerbitan IIoT dan rantai pasokan**



### Analisis Kutipan Bersama Berdasarkan Sumber

Analisis kutipan bersama mengungkapkan kekuatan total tautan kutipan bersama dengan sumber lain. Gambar 6.6 menyajikan jaringan kutipan bersama jurnal dengan simpul. Ukuran simpul ini mewakili kekuatan tautan terbesar dan jumlah makalah yang diterbitkan. Jarak antara simpul dan ketebalannya menunjukkan frekuensi kutipan. Menurut analisis kutipan bersama, semua jurnal ini dibagi menjadi dua kelompok yang memiliki warna berbeda. Kelompok ungu mewakili jurnal pemasaran dan bisnis, sedangkan kelompok merah terdiri dari jurnal operasional dan produksi.



**Gambar 6.6. Analisis kutipan bersama jurnal**

Dengan munculnya teknologi IIoT, peluang operasional dan pendapatan muncul melalui rantai pasokan. IIoT dapat memberikan peningkatan efisiensi dan transparansi dalam proses rantai pasokan. RFID dan sensor tingkat tinggi akan mengembangkan kualitas produk dengan menyimpan catatan suhu, kelembapan, gerakan, dan kondisi lingkungan secara terus-menerus. Hal ini secara signifikan meningkatkan kualitas produk dan pada saat yang sama, meningkatkan analisis proses yang ada untuk lebih meningkatkan efisiensi operasional dan hasil produk. Pesanan produksi akan menjadi lebih fleksibel. Pendekatan yang berorientasi pada pelanggan akan meningkat karena rantai pasokan yang "fleksibel".

Mengambil perangkat lunak pelacakan inventaris berbasis RFID dan sensor terkini, Manajemen Inventaris Cerdas menonjolkan manajemen produk yang mudah. Ini akan membantu bisnis membuat sistem pelacakan inventaris yang dibuat khusus yang meningkatkan visibilitas rantai pasokan di semua proses penjualan.

Transportasi cerdas akan menjadi topik penting dalam solusi IIoT. Dengan mengintegrasikan perangkat pintar berbasis IIoT yang ditempatkan ke dalam kendaraan pengangkut, perangkat ini dapat memantau dan mempelajari semua informasi yang relevan (misalnya, rute, kondisi pengiriman, dan status pengiriman) yang terkait dengan barang pintar yang diangkut.

IloT menghadirkan teknologi blockchain yang secara signifikan meningkatkan transparansi dan kredibilitas untuk pertukaran barang yang adil. Kemampuan untuk melacak pesanan, mengalokasikan, dan memverifikasi dokumen akan memberikan manfaat seperti membangun koneksi fisik antara perangkat yang kompatibel dengan IloT (pajak digital, kode batang, dan nomor seri) dan produk. Teknologi blockchain akan memainkan peran penting dalam rantai pasokan karena implikasi potensialnya dalam proses dokumentasi rantai pasokan.

### **Ringkasan**

Teknologi IloT akan merevolusi manajemen rantai pasokan. Teknologi ini menawarkan pelacakan lokasi, status, kondisi, pengukuran, dan lainnya secara real-time yang memungkinkan deteksi dini penyimpangan, proyeksi pengiriman yang akurat, dan banyak data untuk analisis, peningkatan produk dan proses, serta kontrol yang lebih ketat terhadap biaya dan dinamika rantai pasokan secara keseluruhan. Bagian kesimpulan ini akan menunjukkan beberapa temuan terpenting dari penelitian dan menunjukkan beberapa arahan untuk penelitian lebih lanjut. Tinjauan pustaka kami mengungkap sangat sedikit penelitian dengan fokus tersebut (mengingat total 36 publikasi, sejak 2016). Tidak adanya beberapa studi kasus dan jumlah hubungan yang tidak memadai antara penulis menunjukkan bahwa bidang penelitian ini masih dalam tahap awal pengembangan. Meskipun bidang ini diam-diam baru, IoT industri telah berkembang pesat dan menerima banyak minat di bidang akademik dan industri.

Menurut analisis jaringan sosial dari semua publikasi, dapat dilihat dengan jelas bahwa penelitian luar biasa tentang aplikasi internet industri, terutama blockchain, multirantai, keandalan, dan keamanan, telah dipercepat dalam manajemen rantai pasokan. Teknologi blockchain telah digunakan dalam beberapa tahun terakhir untuk memastikan keamanan data yang diperoleh dalam proses rantai pasokan. Teknologi blockchain dapat membentuk kembali operasi rantai pasokan, oleh karena itu, rantai pasokan cerdas berdasarkan IloT yang mendukung blockchain dapat dipelajari oleh para peneliti.

## **BAB 7**

### **TRANSFORMASI DIGITAL RANTAI PASOKAN DENGAN IOT SELULER**

Saat ini, konektivitas IoT seluler (m-IoT) merupakan salah satu pendorong signifikan Rantai Pasokan 4.0 dengan kemampuannya untuk konektivitas yang aman di area yang luas dengan biaya rendah dan kompleksitas perangkat yang rendah. Tujuan dari bab ini adalah untuk menjelaskan evolusi paradigma m-IoT dalam konteks manajemen rantai pasokan. Potensi LTE, 4G, dan teknologi 5G masa depan serta dampak teknologi pendukung m-IoT, LTE-M, dan NB-IoT pada transformasi digital SCM diselidiki melalui penerapan komersial; status terkini dan arah masa depan dibahas dalam hal efisiensi rantai pasokan dan visibilitas rantai pasokan. Oleh karena itu, bab ini pertama-tama menguraikan arsitektur teknis dan fitur teknologi NB-IoT dan LTE-M, lalu mengeksplorasi bagaimana konektivitas m-IoT menciptakan nilai bagi rantai pasokan melalui contoh penerapan komersial. Eksplorasi potensi m-IoT pada operasi rantai pasokan akan memastikan wawasan dan peluang baru untuk kemajuan lebih lanjut dan evolusi paradigma IoT sebagai sarana produktivitas.

#### **7.1 PENDAHULUAN**

Selama 40 tahun terakhir, logistik telah berkembang menjadi fungsi Manajemen Rantai Pasokan (SCM) dengan pendekatan yang lebih strategis dan tangkas. Rantai pasokan dapat digambarkan sebagai "jaringan pemasok, pabrik, gudang, pusat distribusi, pengecer, dan pelanggan, yang melaluinya bahan baku diperoleh, diubah, diproduksi, dan dikirim ke pelanggan". Jaringan rantai pasokan tahun 1980-an dipengaruhi oleh dinamika globalisasi dan perubahan kondisi pasar. Karena rantai pasokan tradisional sangat bergantung pada proses "berbasis kertas", dokumentasi, dan model bisnis penanganan data; mereka mulai menghadapi berbagai tantangan seperti kelebihan stok, ketidakpastian, kompleksitas, keterlambatan pengiriman, kehabisan stok, dan juga ketidakmampuan untuk merespons dengan cepat dalam menangani permintaan yang sangat fluktuatif.

Seiring berjalannya waktu, metode manajemen data yang lebih andal dengan otomatisasi proses bisnis telah menjadi pengejaran penting bagi perusahaan untuk meningkatkan kemampuan beradaptasi dengan cepat terhadap volatilitas dalam lingkungan bisnis yang kompetitif; dengan kata lain untuk meningkatkan kelincahan rantai pasokan dan fleksibilitas pemangku kepentingan rantai pasokan. Sebenarnya, menciptakan nilai bisnis yang luar biasa dan realisasi manfaat atas jaringan rantai pasokan secara signifikan memerlukan upaya seluruh jaringan; tidak hanya satu perusahaan dalam rantai tersebut.

Pada tahun 1990-an, munculnya sistem ERP (*Enterprise Resource Planning*) menawarkan berbagai fungsi untuk rantai pasokan dan pengalaman pengguna secara real time; memungkinkan untuk memberikan keputusan yang akurat dan mengatur semua operasi organisasi secara efektif. Selain itu, kemajuan dalam Teknologi Informasi (TI) dan Sistem Informasi (SI) memfasilitasi otomatisasi operasi dan proses bisnis terkait pemeliharaan pasokan dan seluruh kontrol distribusi produk dalam organisasi; dan memberikan berbagai

manfaat bagi rantai pasokan dalam hal optimalisasi siklus produksi, peningkatan tingkat layanan, optimalisasi inventaris, peningkatan produktivitas perusahaan, peningkatan profitabilitas, kontrol proses produksi, logistik yang efisien, dan banyak lagi.

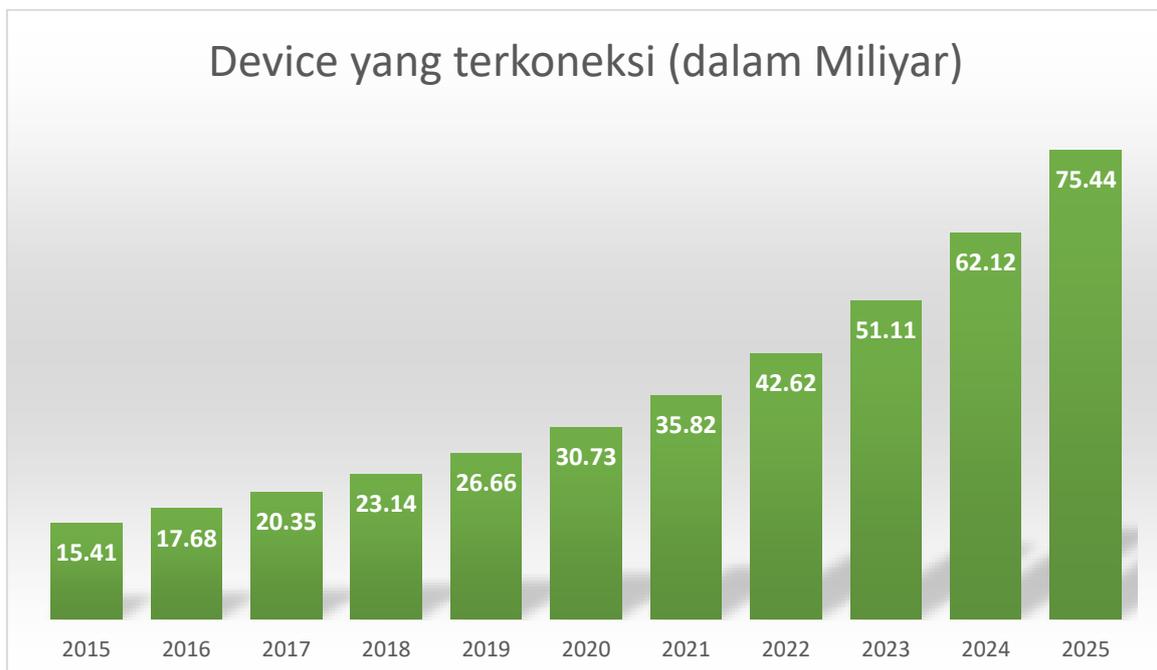
Revolusi teknologi operasi rantai pasokan mendorong konsep Manajemen Rantai Pasokan (SCM). Monczka, Trent dan Handfield (1994) menyatakan bahwa tujuan utama dari istilah Manajemen Rantai Pasokan (SCM) adalah "untuk mengintegrasikan dan mengelola sumber, aliran dan kontrol bahan menggunakan perspektif sistem total di berbagai fungsi dan berbagai tingkatan pemasok". SCM juga dapat digambarkan sebagai koordinasi dan kolaborasi strategis fungsi bisnis untuk menyeimbangkan penawaran dan permintaan dalam suatu organisasi dan di seluruh rantai pasokannya. Organisasi, perencanaan, kontrol dan realisasi aliran barang atau jasa -dari desain dan produksi hingga konsumen akhir- perlu diatur; yaitu SCM diperlukan untuk mencapai berbagai manfaat: meningkatkan operasi, meningkatkan responsivitas dan retensi pelanggan, memenuhi pesanan pelanggan dan meningkatkan kepuasan pelanggan, menghasilkan hasil yang berkualitas, mencapai efektivitas biaya, outsourcing yang lebih baik, meningkatkan keuntungan, pengelolaan yang efektif di bawah tekanan persaingan, perubahan pasar dan kondisi ekonomi; dan menangani kompleksitas rantai pasokan.

Dinamika globalisasi yang terus berubah masih secara intensif mengubah cara pengoperasian rantai pasokan. Saat ini, untuk memiliki kemampuan SCM yang efisien, integrasi TI dengan operasi rantai pasokan organisasi; yaitu "transformasi digital rantai pasokan" tidak dapat dihindari. Era Industri 4.0 memaksa organisasi untuk mendesain ulang model bisnis mereka untuk mencapai efektivitas operasional generasi berikutnya. Revolusi Industri 4.0 dapat digambarkan sebagai "pergeseran logika manufaktur menuju pendekatan penciptaan nilai yang semakin terdesentralisasi dan mengatur diri sendiri, yang dimungkinkan oleh konsep dan teknologi seperti sistem siber-fisik (CPS), Internet of Things (IoT), Internet of Services (IoS), komputasi awan dan manufaktur aditif serta pabrik pintar".

Tidak diragukan lagi, munculnya paradigma Internet of Things (IoT) dalam konteks Industri 4.0; khususnya Industrial IoT (IIoT) memberikan dampak yang mendalam pada fungsi SCM dalam organisasi dengan tujuan mengintegrasikan konsep "pintar" ke dalam rantai pasokan; yaitu "rantai pasokan pintar" sebagai sistem yang lebih saling terhubung dan cerdas. Evolusi IoT dalam konteks rantai pasokan dinyatakan sebagai "Supply Chain 4.0" oleh laporan McKinsey & Company. Supply Chain 4.0 adalah "penerapan Internet of Things, penggunaan robotika canggih dan penerapan analitik canggih dari big data dalam manajemen rantai pasokan: menempatkan sensor dalam segala hal, membuat jaringan di mana-mana, mengotomatiskan apa pun dan menganalisis semuanya untuk secara signifikan meningkatkan kinerja dan kepuasan pelanggan".

Istilah IoT secara singkat adalah jaringan objek dan perangkat - seperti sensor dan aktuator yang memiliki teknologi tertanam dan terhubung ke Internet - untuk merasakan dan mengumpulkan data, berkomunikasi satu sama lain, mengintegrasikan dan menukarnya, dan dengan demikian dapat diakses dari jarak jauh melalui Internet. Pada tahun 1999, Kevin Ashton menyatakan konsep IoT pertama kali dalam lingkup pemanfaatan RFID (Radio

Frequency Identification) dalam fungsi SCM untuk mengurangi limbah, kerugian, dan biaya. Saat ini, paradigma komunikasi dibentuk kembali oleh IoT melalui memungkinkan integrasi antara objek fisik dan sistem berbasis mesin, dan memperkaya cara orang dan objek berinteraksi dengan lingkungan mereka. IoT menyentuh berbagai domain dengan solusi inovatif termasuk -tetapi tidak terbatas pada- rumah pintar, infrastruktur pintar, manajemen energi, transportasi, rantai pasokan, logistik, perawatan kesehatan, aplikasi sosial dan banyak lainnya. Seperti yang disorot dalam laporan Gartner (2018), total perangkat yang terhubung diperkirakan akan mencapai 25 miliar pada tahun 2021 yang berarti volume data yang sangat besar. Demikian pula, Statista menunjukkan bahwa "total basis terpasang perangkat yang terhubung IoT diproyeksikan mencapai 75,44 miliar di seluruh dunia pada tahun 2025, peningkatan lima kali lipat dalam sepuluh tahun" seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.1. Jelas bahwa pertumbuhan perangkat yang terhubung IoT yang cepat ini akan meningkatkan perdagangan data IoT dalam waktu dekat; miliaran perangkat heterogen, terdistribusi, dan cerdas yang terhubung ke Internet akan terus membuka peluang layanan baru dan menghasilkan lingkungan yang menantang dan cerdas dengan tujuan pemantauan waktu nyata, berbagi data, data besar, dan analisis prediktif. Dengan kata lain, para peneliti dan praktisi akan terus berupaya memanfaatkan perangkat baru untuk menyediakan layanan baru dan bermanfaat bagi pengguna tanpa memerlukan interaksi manusia.



**Gambar 7.1. Jumlah perangkat terhubung IoT yang terpasang di seluruh dunia dari tahun 2015 hingga 2025**

Paradigma IoT memiliki potensi yang cukup besar dalam meningkatkan kinerja rantai pasokan, efektivitas operasional, dan produktivitas operasi. Dalam konteks Rantai Pasokan 4.0, pencapaian utamanya jelas adalah pemantauan aset data rantai pasokan secara real-time dan berkelanjutan -seperti status produk, konsumsi energi, aliran material, pesanan

pelanggan dan data pemasok, data inventaris, perkiraan permintaan, dan banyak data berharga lainnya- yang meningkatkan visibilitas rantai pasokan dan digitalisasi rantai pasokan. Dengan cara ini, banyak solusi SCM bernilai tambah sedang diterapkan di bawah paradigma IoT di seluruh dunia.

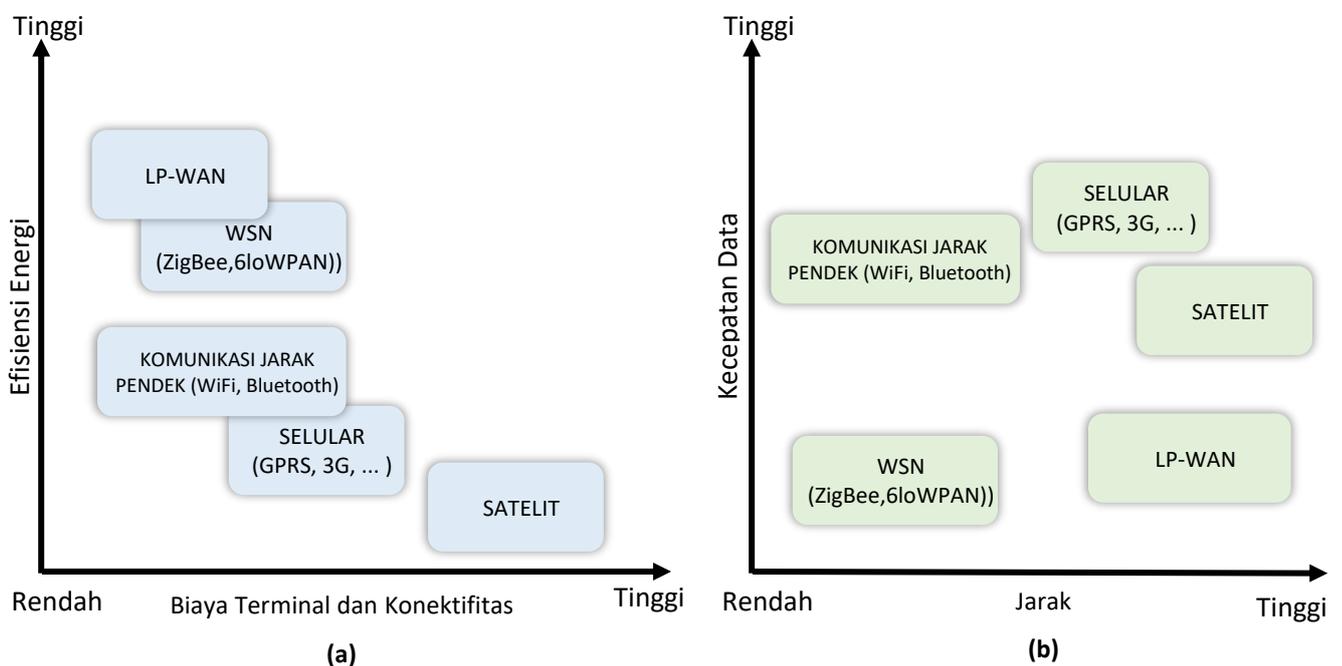
Mengenai Rantai Pasokan 4.0, integrasi IoT dengan lingkungan rantai pasokan memungkinkan untuk mewujudkan sistem manufaktur canggih, sistem pemantauan aliran produksi, sistem pelacakan aset yang akurat, sistem manajemen inventaris yang efisien, sistem manajemen fasilitas dengan analitik prediktif, logistik yang dioptimalkan, sistem transportasi cerdas, dan banyak solusi bisnis bernilai tambah lainnya. Pengembangan sistem ini disederhanakan oleh berbagai teknologi yang memungkinkan – nirkabel dan berkabel – yang memiliki kemampuan dan fitur berbeda seperti RFID, NFC (Near Field Communication), Wireless Sensor Networks, ZigBee, Ethernet, Wi-Fi Direct, 6LoWPAN (IPv6 melalui Low Power Wireless Personal Area Networks), LP-WAN (Low Power Wide Area Network).- Bab ini bertujuan untuk menjelaskan teknologi baru yang memungkinkan IoT yang disebut Mobile IoT (m-IoT) dan potensinya dalam konteks Supply Chain 4.0. Paradigma m-IoT adalah aplikasi dan bidang penelitian yang baru muncul yang telah memperoleh kecepatan dan kekuatan dengan kemajuan yang cukup besar dalam LTE (Long Term Evolution), 4G dan teknologi 5G di masa mendatang. Teknologi kunci yang dikembangkan dan distandarkan dalam paradigma m-IoT - Long Term Evolution for Machines (LTE-M) dan NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT) - bertujuan untuk mendukung pengembangan sistem IoT berbasis LP-WAN seluler yang memerlukan perangkat berdaya rendah dengan jangkauan area yang luas dengan biaya rendah. Pada titik ini, kemampuan layanan teknologi seluler yang tangguh, andal, dan aman memainkan peran penting dalam adopsi m-IoT dan teknologi standarnya, serta pengembangan lebih lanjut paradigma IoT.

Berdasarkan semua informasi ini, bab ini pertama-tama menguraikan informasi teknis singkat tentang LP-WAN beserta arsitekturnya, persyaratan sistem, dan teknologi LP-WAN populer terkini. Kemudian, evolusi dan pentingnya paradigma m-IoT, serta teknologi standar (yaitu, LTE-M dan NB-IoT) beserta kemampuan teknis dan contoh penerapan di seluruh dunia disajikan. Potensi teknologi seluler, kekuatan 5G masa depan dalam transformasi digital SCM - Supply Chain 4.0 - diselidiki melalui contoh penerapan. Terakhir, bab ini mengkaji pertanyaan tentang bagaimana jaringan m-IoT yang baru muncul menciptakan nilai bagi rantai pasokan, dan juga mengeksplorasi teknologi baru lainnya yang dapat diintegrasikan dengan konektivitas m-IoT dalam hal efisiensi rantai pasokan dan visibilitas rantai pasokan. Yang pasti, eksplorasi potensi m-IoT pada operasi rantai pasokan akan memastikan wawasan dan peluang baru untuk kemajuan lebih lanjut paradigma IoT sebagai sarana produktivitas.

## **7.2 JARINGAN AREA LUAS DAYA RENDAH (LP-WAN)**

Dalam beberapa tahun terakhir, perubahan persyaratan aplikasi IoT telah mendorong berbagai pengembangan dan inisiatif teknologi oleh para peneliti dan praktisi. Jaringan yang memungkinkan IoT yang banyak digunakan, teknologi WPAN (Wireless Personal Area Network) dan WLAN (Wireless Local Area Network) memiliki topologi jaringan dan

kemampuan area jangkauan yang terbatas untuk menerapkan sistem IoT yang padat, besar, dan dapat diskalakan yang memerlukan mobilitas tinggi. Seperti diketahui, teknologi jarak pendek seperti Zigbee, NFC, Bluetooth tidak cocok untuk mewujudkan lingkungan IoT jarak jauh seperti kota pintar, pabrik pintar, atau gudang pintar. Di sisi lain, teknologi seluler (misalnya, 3G, 4G, 5G mendatang) memastikan solusi yang efisien untuk jangkauan dan mobilitas yang lebih luas. Sebenarnya, kecepatan data merupakan persyaratan utama mobilitas untuk mendukung koneksi video, suara, dan streaming data bandwidth tinggi dengan mengganti menara seluler saat perangkat akhir berpindah. Di sisi lain, mobilitas yang efektif berarti konsumsi energi yang tinggi, penggunaan daya baterai yang tinggi, dan biaya perangkat kelas atas yang tinggi. Alih-alih mengganti semua teknologi ini, komunitas industri dan penelitian mulai mencari teknologi pendukung yang lebih komplementer dan hemat biaya untuk mendukung pengembangan lebih lanjut sistem berbasis IoT. Meningkatnya permintaan konektivitas jaringan heterogen dan ada di mana-mana (yaitu konektivitas ke siapa saja, di mana saja, dan kapan saja) dengan komunikasi berbiaya rendah dan konsumsi daya rendah telah mendorong munculnya teknologi nirkabel yang menjanjikan; LP-WAN (Low Power Wide Area Network). Saat ini, LP-WAN semakin populer di kalangan industri karena karakteristiknya yang menantang dan menjanjikan. Gambar 7.2 secara singkat menggambarkan posisi LP-WAN sehubungan dengan teknologi pendukung IoT lainnya.



**Gambar 7.2. Karakteristik umum teknologi IoT (a) Efisiensi energi dan biaya terminal dan koneksi (b) Jangkauan data dan jangkauan jangkauan**

Teknologi LP-WAN memastikan kecepatan data rendah, jangkauan transmisi yang panjang -seperti teknologi seluler dan satelit yang memungkinkan untuk berfungsi di lokasi terpencil dan jarak jauh- dan konsumsi energi rendah dengan biaya rendah seperti teknologi WSN. Teknologi ini menyediakan komunikasi hingga 10–40 km di daerah pedesaan dan 1–5

km di daerah perkotaan; dan mendukung setidaknya 10 tahun masa pakai baterai; semua aspek yang menjanjikan ini memfasilitasi penerapan untuk lingkungan dalam dan luar ruangan. Menurut sebuah artikel yang disediakan oleh Yitaek Hwang (2018) menyoroti pentingnya teknologi LP-WAN untuk IoT sebagai berikut: “Pilihan seluler tradisional seperti jaringan 4G dan LTE mengonsumsi terlalu banyak daya. Selain itu, pilihan tersebut tidak cocok dengan aplikasi yang hanya mengirimkan sedikit data secara jarang, misalnya, meteran untuk membaca level air, konsumsi gas, atau penggunaan listrik. IoT seluler dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan aplikasi jarak jauh berdaya rendah.” Arsitektur LP-WAN umum menggunakan topologi bintang seperti yang diilustrasikan pada Gambar 7.3. Seperti yang dijelaskan oleh studi tinjauan Sanchez-Iborra dan Cano (2016), satu atau lebih stasiun pangkalan perlu dibuat untuk konektivitas langsung perangkat akhir ke jaringan; oleh karena itu, modem LP-WAN dipasang langsung pada perangkat akhir ini. Dalam beberapa kasus, gateway digunakan untuk menghasilkan kluster perangkat yang terhubung ke stasiun pangkalan, dengan kata lain membangun topologi bintang-dari-bintang. Stasiun pangkalan dan jaringan backhaul biasanya dikelola oleh penyedia layanan resmi yang menanggung semua biaya terkait penyebaran, pemeliharaan, dan pengoperasian sistem.

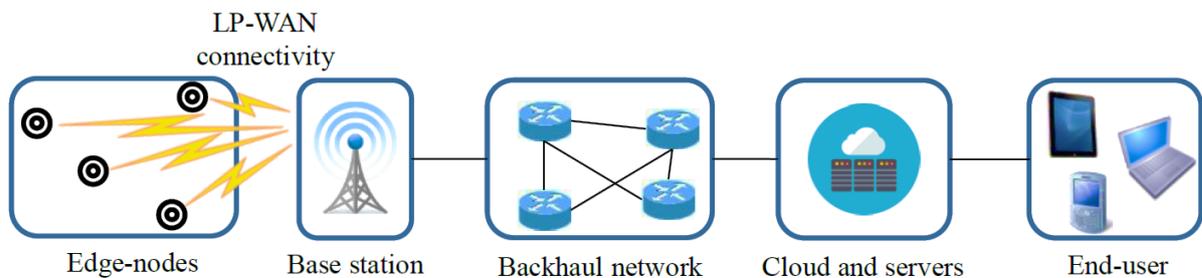
Selain itu, seperti yang dinyatakan oleh Sanchez-Iborra dan Cano (2016), sebagian besar teknologi LP-WAN yang diusulkan memanfaatkan pita frekuensi ISM (Industri, Ilmiah, dan Medis) dalam pita sub-GHz, yaitu 868 MHz di Eropa, 915 MHz di AS, dan 920 MHz di Jepang. Transmisi pita frekuensi yang lebih rendah mendukung penetrasi gelombang dalam dan jangkauan yang lebih luas, yang memberikan keuntungan konektivitas untuk lingkungan dalam ruangan, bawah tanah, dan juga untuk efisiensi sirkuit elektronik.

Studi Bembe, Abu-Mahfouz, Masonta, dan Ngqondi (2019) memberikan tinjauan terstruktur dengan baik tentang persyaratan desain untuk LP-WAN guna mendukung pengembangan sistem IoT yang berkelanjutan, tangguh, dan andal. Persyaratan sistem LP-WAN dirangkum sebagai berikut:

1. **Konsumsi daya rendah dan masa pakai baterai lama:** Topologi mesh telah digunakan khususnya dalam sistem IoT jarak pendek dengan biaya penyebaran tinggi. Jaringan mesh mengharuskan beberapa node mengonsumsi lebih banyak energi dan baterai untuk pengoperasian komunikasi jaringan yang mengurangi masa pakai jaringan. Dalam kasus teknologi LP-WAN, topologi jaringan bintang digunakan di mana perangkat akhir mengonsumsi lebih sedikit energi, mendukung transmisi jarak jauh, dan memastikan masa pakai baterai minimal 10 tahun.
2. **Jangkauan yang diperluas:** IoT diharapkan tumbuh pesat di berbagai area seperti kota pintar, jaringan pintar, pabrik pintar, dan masih banyak lagi, yang membutuhkan solusi transmisi jarak jauh. Selain itu, jaringan LP-WAN perlu beroperasi di lingkungan dalam ruangan dan bawah tanah yang dalam. Jangkauan yang diperluas ini memaksa penyebaran infrastruktur jaringan menjadi nasional yang berarti memerlukan konektivitas jaringan yang lancar.
3. **Biaya perangkat dan biaya penyebaran yang rendah:** Pertukaran antara kecepatan data dan biaya harus dikelola secara efisien oleh penyedia layanan. Seperti diketahui,

kendala ekonomi berdampak negatif pada pengembangan dan adopsi teknologi baru lebih lanjut. Jaringan LP-WAN harus mudah dipasang dan disebar dengan biaya rendah; yang memerlukan pengembangan perangkat pintar yang memiliki kompleksitas rendah.

4. **Konektivitas di mana-mana dengan sejumlah besar perangkat:** Konektivitas LP-WAN untuk sistem IoT harus mendukung paradigma di mana-mana; ketersediaan konektivitas jaringan kapan saja dan di mana saja. Dengan demikian, kemampuan untuk menghubungkan sejumlah besar perangkat yang tidak terlalu rumit kapan saja dan di mana saja merupakan masalah desain penting jaringan LP-WAN. Lingkungan yang lebih kompleks dan heterogen diharapkan muncul dalam waktu dekat dengan kemajuan dalam Industri 4.0; dalam hal ini solusi jaringan LP-WAN yang sangat skalabel dan andal harus dipertimbangkan.
5. **Konektivitas yang aman:** Memastikan keamanan seluruh jaringan merupakan persyaratan penting lainnya. LP-WAN yang umum perlu menyediakan persyaratan keamanan berikut:
  - a. Keaslian node atau perangkat akhir pada jaringan LP-WAN,
  - b. Kerahasiaan perangkat pintar yang diotorisasi,
  - c. Integritas data yang diakses tanpa manipulasi,
  - d. Akuntabilitas pemilik perangkat pintar atas tindakan mereka,
  - e. Auditabilitas semua komunikasi atau tindakan melalui jaringan LP-WAN,
  - f. Tidak dapat disangkalnya tindakan melalui jaringan LP-WAN,
  - g. Privasi individu saat mengelola informasi pribadi mereka.



**Gambar 7.3. Arsitektur umum LP-WAN**

Karena penerapan IoT menuntut perangkat berbiaya rendah dengan konsumsi daya rendah dan jangkauan yang andal dan ditingkatkan, teknologi LP-WAN akan cocok untuk aplikasi IoT yang masif. IoT Analytics (2018) menyoroti solusi LP-WAN yang menjanjikan di sembilan segmen pasar yaitu pertanian dan kehutanan; bangunan dan infrastruktur; perawatan kesehatan; rumah dan konsumen; ritel; kota pintar; industri; utilitas; serta domain aplikasi transportasi, rantai pasokan, dan logistik. Arsitektur mirip seluler dari sistem LP-WAN -termasuk stasiun pangkalan untuk fungsionalitas layanan roaming- memungkinkan dibangunnya jaringan berskala tinggi dan jangkauan luas untuk pelacakan aset/pengiriman barang dan peringatan secara real-time dalam lingkungan bisnis rantai pasokan dan logistik.

Mengenai semakin populernya dan perlunya LP-WAN, sejumlah standar dan teknologi telah diusulkan. Pergerakan teknologi LP-WAN dimulai dengan Sigfox dan LoRa. Selain itu, banyak teknologi milik sendiri –seperti Ingenu, Telensa, Weightless, Dash7 dan banyak lagi– muncul dengan fitur teknis mereka sendiri yang cocok untuk aplikasi industri yang berbeda dan spesifik. Tabel 7.1 merangkum secara singkat fitur dan karakteristik umum solusi LP-WAN yang ada. Solusi ini juga dapat diidentifikasi sebagai teknologi LP-WAN non-seluler.

Perkiraan menarik lainnya dari Machina Research adalah bahwa pada tahun 2022, akan ada 56% koneksi LP-WAN aktif dalam spektrum berlisensi; dan pada tahun 2025 tiga miliar koneksi LP-WAN akan digunakan (GSMA, 2019). Strategy Analytics memperkirakan bahwa Asia-Pasifik akan menjadi pasar LP-WAN terbesar pada tahun 2022 diikuti oleh Amerika Utara dan Eropa Barat.

**Tabel 7.1. Fitur beberapa solusi LP-WAN**

	LoRaWAN	Sigfox	Weightless			Ingenu	Telensa	Dash7	IEEE 802.15.4k (DSSS)	IEEE P802.11ah	LTE-MTC
			-W	-N	-P						
Band	433/868/780/915 MHz	868/915 MHz	TV whitespace	Sub-GHz	Sub-GHz	2.4 GHz	Sub-GHz	Sub-GHz	Sub-GHz/2.4 GHz	Sub-GHz	Cellular
Max. data-rate	50 kbps	100 bps	10 Mbps	100 bps	100 kbps	19 kbps/MHz	346 Mbps	-	125 kbps	346 Mbps	200 kbps
Range (urban)	5 km	10 km	5 km	5 km	2 km	15 km	1 km	3 km	5 km	1 km	5 km
Packet-size	Max. 256 B	12 B	Min. 10 B	Max. 20 B	Min. 10 B	Max. 10 kB	Max. 65 kB.	-	Max 32 B	Max. 65 kB.	-
Downlink	Yes. Different plans	Yes (not sym.)	Yes (sym.)	No	Yes (sym.)	Yes (not sym.)	Yes (sym.)	Yes (sym.)	Yes (not sym.)	Yes (sym.)	Yes (sym.)
Topology	Star-of-stars	Star	Star	Star	Star	Star/Tree	Star/Tree	Star	Star	Star/Tree	Star
Roaming	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	-	Yes	Yes
Security	Fully addressed	Partially addressed	Fully addressed	Fully addressed	Fully addressed	Fully addressed	In development	-	Partially addressed	In development	In development
Protocol ownership	Partially proprietary	Proprietary	Standard	Standard	Standard	Proprietary	Standard	Proprietary	Standard	Standard	Standard

Karena LP-WAN merupakan teknologi baru dalam ekosistem IoT, ada beberapa studi penting yang membahas LP-WAN dalam hal 'ilmu desain' dan penelitian eksperimental. Tinjauan pustaka tentang teknologi LP-WAN menunjukkan bahwa penelitian terkini sebagian besar mempelajari dan bereksperimen dengan teknologi LoRa (Jarak Jauh) untuk mewujudkan penelitian ilmu desain dan mengevaluasi kekuatan teknologi LP-WAN.

Studi tersebut secara umum menyoroti potensi LP-WAN untuk komunikasi jarak jauh dengan bantuan arsitektur jaringan bintang dasar. Sesuai dengan penelitian, aplikasi utama LP-WAN adalah sistem otomotif dan transportasi cerdas (manajemen armada, komunikasi kendaraan ke infrastruktur, lalu lintas cerdas, informasi lalu lintas waktu nyata ke kendaraan, peringatan dan pelaporan keamanan dan insiden), berbagai kasus pengukuran (misalnya, pemantauan konsumsi listrik, air, dan gas, pengukuran dan peringatan medis) serta rumah pintar (misalnya, kontrol termostat dan sistem keamanan).

Salah satu penelitian penting menyoroti penerapan teknologi LoRa sebagai LP-WAN untuk komunikasi kendaraan; jangkauan yang panjang dan konsumsi daya yang rendah dari teknologi LP-WAN dapat memfasilitasi kinerja banyak layanan kendaraan. Penelitian ini memberikan penerapan LoRa melalui penerapan dua arsitektur jaringan kendaraan yang umum; yaitu Kendaraan-ke-Infrastruktur dan Kendaraan-ke-Kendaraan. Studi lain menunjukkan masalah keterbatasan cakupan dan konsumsi daya sistem pemantauan pelayaran generasi pertama yang menggunakan teknologi seluler. Studi ini mengevaluasi kinerja teknologi LoRa untuk kasus pemantauan pelayaran. Eksperimen teknologi LoRa

menunjukkan bahwa teknologi tersebut memiliki kinerja yang baik dalam konsumsi daya, cakupan yang luas, transmisi yang andal, dan memiliki mobilitas yang baik. Namun, selama pelayaran teknologi LoRa dipengaruhi oleh rintangan seperti pohon tinggi, gedung, ombak, bukit yang menciptakan tingkat kehilangan paket yang tinggi lebih dari 20% di area zona tersebut; kinerjanya pasti dipengaruhi oleh lingkungan sekitar. Selain itu, cakupan teknologi LoRa dievaluasi di lingkungan luar ruangan dalam studi; masalah kapasitas dan skalabilitas teknologi LoRa diperiksa dalam studi sains desain eksperimental.

Studi Petajarvi et al. (2017) berfokus pada kekuatan LP-WAN dalam pemantauan kesehatan cerdas dan kebugaran jarak jauh. Dua kasus nyata dipertimbangkan; pemantauan jarak jauh pasien di rumah sakit serta di rumah mereka melalui sistem; dan pemantauan kesejahteraan karyawan di tempat kerja seperti di pabrik, area parkir, atau kampus. Penelitian ilmu desain ini memberikan temuan berharga tentang kinerja dalam ruangan teknologi LoRa di lingkungan kampus dan pengukuran dilakukan dengan peralatan yang tersedia secara komersial. Di semua lokasi yang diuji, lebih dari 96% paket yang dikirim oleh perangkat ujung tepi berhasil diterima oleh stasiun pangkalan tanpa pengakuan dan transmisi ulang; seluruh area kampus dapat dicakup dengan teknologi LP-WAN dengan perangkat yang mengonsumsi daya rendah. Neumann et al. (2016) berfokus pada kinerja eksperimental teknologi LP-WAN di sebuah gedung; lingkungan dalam ruangan. Hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan komposisi dinding antara ruangan dan lantai tidak berdampak besar pada kualitas transmisi dan kehilangan paket; degradasi hanya terlihat selama komunikasi dengan ruang bawah tanah.

Studi Guibene et al. (2017) menyajikan uji coba arsitektur LP-WAN selama delapan bulan untuk kasus pemantauan sungai. Studi ini menggunakan arsitektur LoRa berbiaya rendah dan pelampung pemantauan sungai berkemampuan Intel Edison yang dibangun oleh tim gabungan Nimbus/Cork Institute of Technology dan Intel. Studi ini membandingkan transmisi data LoRa dan 3G tentang kedalaman sungai, suhu udara dan air, tekanan barometrik, dan kinerja surya/baterai. Sistem ini menyediakan informasi penting tentang kondisi sungai, bagian yang meluap atau banjir, dan sebagainya.

Proyek Kemitraan Generasi ke-3 LP-WAN Seluler (3GPP) adalah kesatuan organisasi pengembangan standar telekomunikasi yang menyediakan lingkungan yang stabil bagi anggotanya untuk menghasilkan laporan dan spesifikasi untuk teknologi 3GPP (3GPP, 2019). Seiring berjalannya waktu, kesamaan arsitektur LP-WAN dengan infrastruktur jaringan seluler mendorong para pemangku kepentingan industri seluler. Organisasi standar yang mengembangkan protokol untuk sistem seluler, 3GPP telah menstandarisasi kelas baru teknologi yang memungkinkan IoT terkait LP-WAN; dinamakan Mobile IoT (m-IoT), juga disebut seluler LP-WAN.

Pada bulan Juni 2015, "Mobile IoT Initiative" dimulai oleh GSMA untuk mempercepat penerapan komersial LP-WAN dalam spektrum berlisensi. Dalam hal ini, dua teknologi baru dan menjanjikan di bawah paradigma m-IoT diperkenalkan oleh industri seluler (sebagai standar 3GPP untuk penggunaan dalam spektrum berlisensi) dengan fitur yang berbeda: LTE-M (Long-Term Evolution for Machines) dan NB-IoT (Narrowband-Internet of Things). LTE-M

adalah istilah industri untuk teknologi Long-Term Evolution (LTE) Machine Type Communications (MTC) LPWA yang distandarisasi dalam Rilis 13 3GPP. Narrowband IoT (NB-IoT) adalah standar teknologi radio 3GPP yang diperkenalkan serupa dalam Rilis 13 yang ditandai dengan peningkatan jangkauan dalam ruangan. Yang terbaik dari semuanya, kedua teknologi tersebut memanfaatkan kemampuan teknologi MNO yang ada untuk mewujudkan berbagai macam kasus penggunaan potensial yang memerlukan konektivitas seluler berbiaya rendah. Teknologi tersebut dapat dengan mudah beroperasi dengan jaringan seluler 3G, 4G, dan bahkan 5G generasi berikutnya (misalnya, stasiun pangkalan MNO) dengan menggunakan semua fitur keamanan - kerahasiaan identitas pengguna, autentikasi entitas, kerahasiaan, integritas data, dan identifikasi peralatan seluler - dari jaringan seluler.

Teknologi LTE terbaru bertujuan untuk meningkatkan pengalaman pengguna manusia dan menyediakan berbagai kasus penggunaan berbasis mesin. Teknologi 5G generasi berikutnya -dengan kemampuan cakupan jaringan yang ditingkatkan, kecepatan data yang lebih tinggi, dan latensi yang lebih rendah- bekerja sama dengan berbagai teknologi akses seperti satelit, WiFi, jaringan tetap, dan teknologi 3GPP dari NB-IoT dan LTE-M. Potensi 5G membuka jalan bagi LTE-M dan NB-IoT untuk menjadi bagian dari ekosistem seluler. Bergantung pada persyaratan dan potensi 5G yang ditetapkan oleh 3GPP, tiga domain kasus penggunaan IoT Seluler utama disorot:

- Aplikasi LPWAN masif memerlukan cakupan jaringan yang ditingkatkan, masa pakai baterai yang lama untuk perangkat akhir, dan kepadatan koneksi yang tinggi; kota pintar, logistik pintar, dan pengukuran pintar adalah contoh potensial untuk domain ini.
- Aplikasi komunikasi kritis memerlukan IoT industri berkinerja tinggi, andal, latensi rendah, dan aplikasi misi kritis; kendaraan otonom, jaringan pintar, dan otomatisasi pabrik adalah contoh potensial untuk domain ini.
- Aplikasi pita lebar seluler yang disempurnakan memerlukan kinerja tinggi dan pengalaman pengguna yang lebih lancar untuk mengakses konten multimedia untuk komunikasi yang berpusat pada manusia; realitas tertambah dan video 3D adalah contoh penting untuk domain ini.

**Tabel 7.2. Fitur umum teknologi LTE-M dan NB-IoT**

Feature	LTE-M	NB-IoT
Specification	Based on LTE	Based on a subset of LTE
Bandwidth	1.08 MHz, 3GPP Licensed	180 kHz, 3GPP Licensed
Frequency	In LTE band	Flexible
Deployment Coverage	Up to 4x	Up to 7x
Penetration indoors	Good indoor coverage	Excellent indoor coverage
Uplink / Downlink Speed	27.2 / 62.5 Kbps	Up to 1 Mbps
Mobility	Yes, Full mobility	No, Limited mobility
Base station Upgrade	Yes	No
Module Cost	Less than \$10	Less than LTE-M
Latency	Low (50-100ms)	High (1.5-10sec.)

Peak Data Rate	Medium data rates, 384 Kbps	Low data rates, Max 100
Power consumption	Best at low data rates	Best at medium rates
Voice/Data Support	Voice and data	Data only
Battery Life	Long battery (10 years)	Maximum battery (+10 years)
Cost	Medium module cost	Low module costs

Di sisi lain, LTE-M dan NB-IoT berbeda dalam hal masa pakai baterai perangkat yang terhubung, laju throughput data, kemampuan roaming, kompleksitas perangkat, dan area jangkauan, dan sebagainya; di sisi lain yang memungkinkan mereka membangun berbagai layanan yang mendukung IoT yang dibahas di sub-bagian berikut. Dengan demikian, Tabel 7.2 memberikan informasi singkat dan perbandingan yang berguna tentang kedua teknologi LP-WAN seluler.

LTE-M merupakan singkatan dari Long Term Evolution for Machines, yang juga dikenal sebagai LTE CAT-M1 yang berarti Long Term Evolution, kategori M1. Konektivitas LTE-M distandarkan dalam Release 13 oleh 3GPP sebagai teknologi radio area luas berdaya rendah dan seluler. Dalam hal persyaratan desain, jaringan LTE-M memungkinkan perangkat akhir untuk terhubung langsung ke jaringan LTE, 4G, atau jaringan 5G mendatang tanpa memerlukan instalasi gateway. Koneksi ke jaringan seluler LTE dimungkinkan oleh chipset berkemampuan LTE-M berbiaya rendah yang tertanam pada perangkat. Chipset ini bersifat half-duplex dan mendukung bandwidth sempit. Chipset ini dapat memasuki mode tidur, dengan kata lain Power Savings Mode (PSM). Kecepatan data maksimum chipset LTE-M hanya sekitar 100 kbps; sehingga tidak memiliki biaya harga koneksi LTE yang tinggi.

Konektivitas LTE-M terutama dirancang untuk mendukung kompleksitas perangkat yang rendah, biaya perangkat yang sangat rendah, konsumsi daya yang rendah, dan latensi yang rendah (yaitu, sensitivitas penundaan). Untuk menggunakan jangkauan cakupan yang lebih luas, jaringan ini ditentukan dengan kecepatan data variabel; mendukung cakupan luar ruangan yang baik termasuk kepadatan koneksi yang besar, dan arsitektur jaringan yang dioptimalkan. Oleh karena itu, konektivitas LTE-M cocok untuk kasus penggunaan pemantauan aset yang bergerak secara efisien dalam jangkauan jarak jauh di berbagai industri; jaringan ini terutama lebih disukai untuk digunakan dalam pengiriman jalur, pengemudi, dan barang; dan mendapatkan diagnostik dan laporan di seluruh operasi pemindahan.

Di sisi lain, NB-IoT adalah singkatan dari NarrowBand-Internet of Things, dan diperkenalkan oleh 3GPP sebagai bagian dari Rilis 13 untuk memungkinkan komunikasi yang lebih efisien. Seperti LTE-M, jaringan ini dirancang untuk mendukung perangkat dengan throughput rendah yang sangat terdistribusi dengan sensitivitas penundaan rendah, dan mengoptimalkan jaringan dengan konsumsi daya rendah dengan biaya rendah. Selain itu, NB-IoT dapat dengan mudah diintegrasikan dengan penerapan LTE yang ada atau bekerja secara mandiri.

Salah satu keuntungan signifikan konektivitas NB-IoT adalah penetrasi yang sangat baik di dalam ruangan dan bawah tanah. Sementara teknologi LTE-M lebih cocok untuk teknologi jarak jauh dan jangkauan luar ruangan, NB-IoT berguna dalam meningkatkan

jangkauan dalam ruangan di tempat-tempat seperti garasi parkir, gudang, dan fasilitas bawah tanah di mana kehilangan sinyal dan lapisan bertingkat menciptakan keterbatasan. Chipset NB-IoT baru masih dirancang dan dikembangkan oleh para ahli untuk meningkatkan persyaratan jangkauan area yang luas di pedesaan dan dalam ruangan yang dalam dengan kompleksitas perangkat yang rendah. Manfaat menantang lainnya adalah bahwa NB-IoT mereformasi konsumsi daya perangkat akhir dan kapasitas sistem. Chipset NB-IoT mendukung masa pakai baterai yang lebih efisien dan lebih lama daripada LTE-M dalam berbagai kasus penggunaan; sehingga memungkinkan biaya lebih rendah daripada modul untuk teknologi seluler lainnya (3G, 4G dll.) dan juga LTE-M.

### **7.3 SOLUSI M-IOT TERKINI UNTUK RANTAI PASOKAN**

#### **Penerapan LTE-M**

Peran MNO sangat penting untuk penerapan dan kemajuan lebih lanjut teknologi LTE-M. Laporan penerapan LTE-M dari GSMA (2019) menekankan bahwa “Untuk mencapai cakupan global dan adopsi layanan LTE-M secara luas, MNO (operator jaringan seluler) harus memastikan bahwa perangkat dan layanan menyeluruh dari berbagai penyedia akan terhubung ke sistem LTE-M yang telah diterapkan, dan bahwa kemampuan transportasi data dan moda koneksi dipahami dengan baik”. MNO memiliki kemampuan untuk menyediakan infrastruktur jaringan yang aman dan tepercaya, dan memberikan layanan berkualitas tinggi dalam skala besar di seluruh dunia.

Ada berbagai MNO yang menerapkan jaringan LTE-M dan berkontribusi untuk pengembangan m-IoT; beberapa MNO dan negara tempat jaringan LTE-M diterapkan adalah sebagai berikut sesuai dengan data GSMA (2019): AT&T di Meksiko, Amerika Serikat; Bell di Kanada; DNA di Finlandia; Elisa di Estonia; KPN di Belanda; NTT Docomo di Jepang; Orange di Belgia, Prancis, Rumania, Spanyol; SingTel di Singapura; Softbank di Jepang; Swisscom di Swiss; Telefonica di Argentina, Brasil, Jerman; Telenor di Denmark, Norwegia; Telstra di Australia; Telus di Kanada; Turkcell di Turki; Verizon di Amerika Utara; Vodafone di Selandia Baru, Belanda. Pada tahap ini, eksplorasi beberapa contoh penerapan komersial akan memberikan wawasan yang baik tentang visi di balik konektivitas LTE-M dan keuntungannya.

Sebagai contoh penerapan komersial terkini, operator seluler terkemuka, AT&T berkolaborasi dengan produsen barang elektronik di Amerika Utara untuk menyediakan konektivitas aman ke peralatan mereka yang terhubung dengan LTE-M. Melalui pemantauan peralatan secara real-time, produsen barang elektronik dapat meningkatkan produk mereka dan memastikan layanan bernilai tambah bagi konsumen dan bisnis mereka seperti hotel dan restoran. Pengguna peralatan tertanam LTE-M - mesin pencuci piring atau mesin cuci - dapat memantau dan mengelola peralatan terkait menggunakan telepon pintarnya, dan dapat dengan mudah mengaktifkan peralatan dari mana pun ia berada.

Sekali lagi, AT&T menguji konektivitas LTE-M dengan berbagai pemimpin industri untuk mewujudkan berbagai operasi SCM - manajemen inventaris, pelacakan palet, pemantauan kontainer, pelacakan aset, dan manajemen armada - di AS. AT&T berkolaborasi dengan CalAmp - perusahaan transformasi terkemuka pelopor telematika - dalam

pengembangan kendaraan terhubung untuk manajemen armada dan aset; dengan RM2 - inovator dalam pengembangan, pembuatan, pasokan, dan manajemen palet - dalam membangun palet pintar; dengan Xirgo Technologies - penyedia utama perangkat komunikasi IoT nirkabel - dalam pengembangan solusi pemantauan kontainer dan pelacakan aset; dan PepsiCo - perusahaan makanan, camilan, dan minuman multinasional - pada air mancur minuman pintar. Operator seluler terkemuka lainnya, Deutsche Telekom berkonsentrasi pada berbagai peluncuran jaringan LTE-M di banyak negara. Mengenai transformasi digital rantai pasokan, solusi pelacakan pengiriman disediakan yang menawarkan pemantauan pengiriman waktu nyata dengan biaya rendah. Solusi ini menyediakan data pengiriman secara real-time atau bukti historis pengiriman melalui konektivitas LTE-M; dan mencegah kehilangan atau kerusakan barang berharga pada barang sensitif. Contoh lain dari Deutsche Telekom, solusi manajemen barang kereta api menyediakan pemantauan berkelanjutan saat mengangkut barang dengan kereta api melintasi batas negara; jangkauan yang luas dan manajemen alarm jika terjadi situasi darurat. Selain itu, kesehatan pintar dan perangkat yang dapat dikenakan merupakan area aplikasi potensial LTE-M untuk pemantauan jarak jauh dan berkelanjutan; solusi pergelangan tangan bayi baru lahir memungkinkan pemantauan kesehatan anak secara berkelanjutan melalui konektivitas LTE-M yang disediakan oleh Deutsche Telekom, mempromosikan pengukuran kualitas medis dengan mode operasi hemat energi.

Selain itu, Telstra di Australia menyediakan perangkat yang terhubung dengan LTE-M yang dilengkapi dengan panel surya dan chip GPS. Solusi ini lebih disukai untuk mencapai operasi rantai pasokan dan logistik yang efisien oleh perusahaan; dan memungkinkan untuk melacak lokasi aset bernilai tinggi yang tidak bertentangan, seperti kontainer pengiriman, semi-trailer, gerbong barang kereta api, dan mesin besar. Solusi ini memungkinkan produsen dan distributor untuk memantau lokasi aset bergerak mereka yang akurat dan real-time. Data berharga yang diambil ini -dari menara seluler- dapat memberikan wawasan bisnis baru ke dalam rantai pasokan; bisnis dapat mengurangi biaya, meningkatkan efisiensi dan akhirnya pengalaman pelanggan.

Peran konektivitas LTE-M dalam logistik disorot oleh laporan studi kasus komersialisasi LTE-M dari GSMA (2019) sebagai berikut: "Telstra mengatakan solusi baru ini dirancang untuk membantu perusahaan menghindari hilangnya aset dan kargo, mengambil kembali yang hilang dalam tindakan, dan pada gilirannya meningkatkan efisiensi rantai pasokan. Mekanisme pelacakan tradisional seperti tag RFID tidak mendukung data waktu nyata, karena bisnis hanya mengetahui apakah aset telah diperiksa masuk atau keluar, dan bukan lokasi sebenarnya. Telstra memperkirakan produsen dapat kehilangan sekitar 10% dari armada aset mereka setiap tahun fiskal, serta bisnis yang terkena dampak dari inefisiensi operasional termasuk pelacakan manual dan proses inventarisasi. Hingga saat ini, melacak aset dengan nilai ini tidaklah ekonomis, tetapi dengan penggunaan data yang lebih rendah dan perangkat dengan masa pakai baterai yang lebih lama, pelacakan aset bernilai tinggi dan rendah semakin hemat biaya."

## Penerapan NB-IoT

Mirip dengan LTE-M, ada beberapa MNO yang menerapkan jaringan NB-IoT komersial; menurut data terbaru GSMA (2019), beberapa MNO yang berkontribusi terhadap pengembangan NB-IoT adalah sebagai berikut: China Mobile di Tiongkok; DNA di Finlandia; Korea Telecom di Korea Selatan; Kyvistar di Ukraina; Orange di Belgia; Swisscom di Swiss; TDC di Denmark; TIM di Brasil (TIM Brasil), Italia; Telefonica di Kolombia, Spanyol; Telenor di Denmark, Norwegia; Telia di Denmark, Estonia, Finlandia, Norwegia, Swedia; Telstra di Australia; T-Mobile di Austria, Kroasia (DT Kroasia), Jerman, Yunani (Cosmote), Hungaria, Polandia (DT Polandia), Slowakia (Slovak Telecom), Belanda, Amerika Serikat; Turkcell di Turki; Verizon di Amerika Utara; Vodafone di Australia, Republik Ceko, Jerman, Yunani, Hungaria, Irlandia, Italia, Malta, Selandia Baru, Portugal, Spanyol, Afrika Selatan, Belanda, Turki, Inggris Raya, Ukraina. Sekali lagi, untuk mengungkap visi konektivitas dan keunggulan NB-IoT, beberapa contoh penerapan komersial dibahas di bawah ini.

Salah satu operator seluler terkemuka, China Mobile telah menguji aplikasi parkir pintar menggunakan konektivitas NB-IoT di Yunnan dan Guizho Tenggara. Tujuan dari solusi kota pintar ini adalah untuk meningkatkan pengalaman berkendara yang aman dan mudah bagi pengemudi; untuk menemukan tempat parkir gratis dengan cepat melalui sistem panduan parkir yang cerdas; untuk mengelola aset parkir kota; dan juga untuk menghilangkan kemacetan dan polusi di dalam kota. Solusi ini menggunakan sensor yang dipasang di setiap slot parkir; sensor ini mendeteksi status hunian tempat parkir dan mengirimkan status tersebut melalui jaringan NB-IoT.

China Telecom, Huawei, dan vendor pompa panas membangun sistem pemantauan pompa panas NB-IoT untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi manajemen cetakan. Proses manufaktur pintar berbasis NB-IoT dikembangkan untuk mengoptimalkan proses produksi, dan bahkan untuk memfasilitasi inventaris dan operasi manufaktur. Sensor digunakan untuk mengumpulkan data -seperti suhu saluran keluar dan masuk air, langkah katup ekspansi, suhu pipa, suhu pembuangan, arus dan tegangan- dan data yang ditangkap ditransfer ke platform cloud untuk analisis tingkat lanjut. Dengan cara ini, deteksi dan manajemen kesalahan yang efisien dapat dilakukan; produsen dapat mengidentifikasi cacat desain, meningkatkan kinerja produk mereka. Kemampuan penetrasi mendalam jaringan NB-IoT menyediakan Kualitas Layanan (QoS) yang tinggi dan infrastruktur jaringan yang andal.

Selain itu, Vodafone menyediakan solusi industri yang berharga menggunakan konektivitas NB-IoT. Sebagai contoh terkini, dengan bantuan penetrasi sinyal yang kuat dari jaringan NB-IoT di lingkungan dalam ruangan, Vodafone dan South East Water berkolaborasi satu sama lain untuk mengembangkan meteran air digital, sensor, dan perekam akustik pada pipa air utama bawah tanah dengan tujuan memantau dan mengurangi kebocoran air. Data dikumpulkan dan dikirimkan melalui sistem melalui menara seluler Vodafone dan; tangki air hujan dan aliran pipa dipantau. Jika terjadi kebocoran, South East Water segera diberi tahu; perekam akustik mendengarkan jaringan untuk menentukan lokasi yang tepat jika terjadi kebocoran. Manajemen kinerja, kondisi aset, dan kesalahan secara real-time di seluruh jaringannya dianalisis.

Oleh karena itu, Vodafone Business menyatakan bahwa: “Teknologi NB-IoT memiliki kekuatan untuk mengubah sektor utilitas. Teknologi ini menyediakan cara yang lebih akurat untuk mengidentifikasi dan mencegah kebocoran, membantu perusahaan seperti South East Water memenuhi standar peraturan dan lingkungan yang penting. Ini adalah contoh sempurna tentang bagaimana teknologi dapat digunakan untuk menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan dan mengelola komoditas yang semakin berharga”.

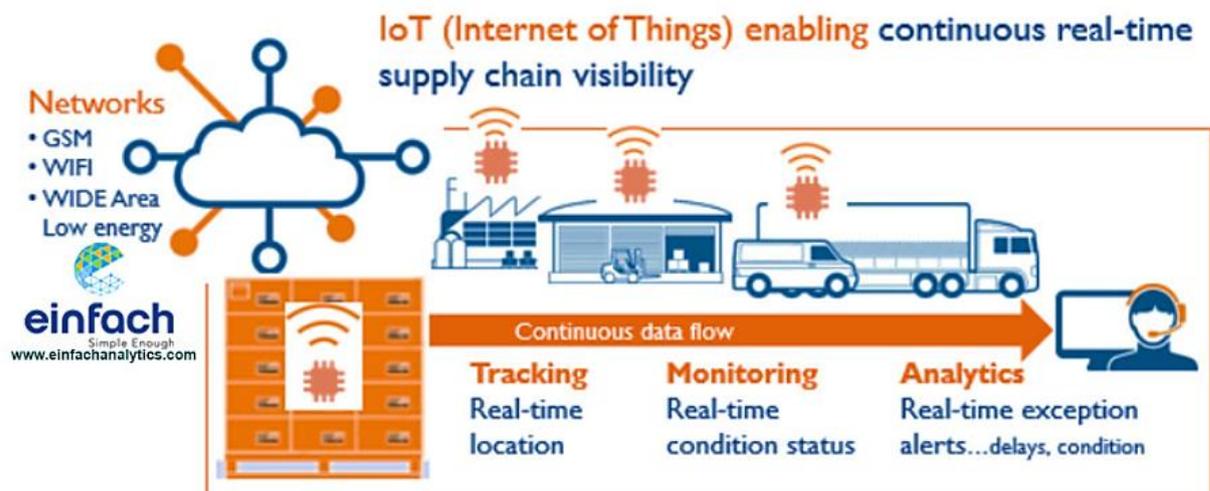
Seperti dalam konektivitas LTE-M, Deutsche Telekom juga memimpin berbagai penerapan NB-IoT. Mengenai operasi rantai pasokan, salah satu kasus yang menarik adalah solusi pelabelan dan pelacakan barang tanpa kertas untuk perusahaan manufaktur mobil. Label kertas -pada komponen dan suku cadang- digantikan oleh chipset NB-IoT yang terhubung ke cloud melalui jaringan NB-IoT. Sekali lagi, pemantauan waktu nyata dengan cakupan dalam ruangan yang ditingkatkan adalah sisi menarik dari solusi tersebut. Semua data ditransmisikan secara andal melalui NB-IoT ke cloud untuk pemantauan kondisi, pengurangan limbah dan kesalahan. Solusi pelacak kualitas anggur digital oleh Deutsche Telekom adalah contoh bagus lainnya untuk mencapai transparansi rantai pasokan. Solusinya bertujuan untuk melacak setiap botol yang disimpan di gudang anggur, memastikan kualitas optimal setiap botol, dan memantau statusnya - suhu, kelembapan, dan luminositas - selama pengangkutan ke tujuan akhir.

Operator seluler terkemuka lainnya, Turkcell juga memainkan peran penting dalam memajukan jaringan NB-IoT yang andal dari industri energi hingga pertanian. Perangkat dan perangkat yang dapat dikenakan berbasis NB-IoT yang baru dikembangkan digunakan untuk pertanian cerdas dan industri peternakan yang bertujuan untuk mempromosikan irigasi otomatis pada area yang dibudidayakan berdasarkan pengukuran kelembapan dan aplikasi pelacakan untuk ternak. Jelas bahwa, kemampuan konektivitas NB-IoT menjamin peluang besar bagi area industri, operasi rantai pasokan, dan logistik.

Singkatnya, kedua teknologi, LTE-M dan NB-IoT memanfaatkan kemampuan teknologi dan keamanan MNO yang ada untuk menyediakan konektivitas seluler yang andal dengan biaya rendah. Dengan demikian,

#### **7.4 POTENSI M-IoT DALAM RANTAI PASOKAN 4.0**

Saat ini, rantai nilai solusi IoT yang umum mencakup berbagai penyedia solusi mulai dari produsen perangkat hingga integrator sistem yang semuanya bekerja untuk penerapan solusi IoT. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.4, pemangku kepentingan dalam ekosistem IoT meliputi produsen perangkat, peralatan, dan chipset, penyedia konektivitas, penyedia aplikasi, penyedia layanan hosting dan analisis data, serta integrator sistem. Data penting tentang aset dikumpulkan melalui sensor tertanam dan dikirimkan melalui konektivitas yang sesuai yang dapat berupa LP-WAN, WiFi, Zigbee, atau penyedia teknologi lainnya, tergantung pada konteks solusi IoT. Setelah itu, integrator sistem dan penyedia solusi menerima dan memproses data untuk memberikan layanan bernilai tambah kepada pengguna akhir melalui platform seluler atau web.



**Gambar 7.4. Rantai Nilai Solusi IoT**

Kemajuan terkini menunjukkan bahwa permintaan konektivitas LP-WAN meningkat; dalam hal ini konektivitas m-IoT memungkinkan untuk mewujudkan berbagai aplikasi IoT yang sangat luas dengan kemampuan teknisnya yang berharga: desain hemat energi untuk memperpanjang masa pakai baterai, teknik transmisi untuk meningkatkan jangkauan, dan biaya modul rendah untuk mengurangi kompleksitas. Kedua protokol m-IoT; NB-IOT dan LTE-M, memastikan komunikasi seluler dengan pita frekuensi yang lebih sempit yang meningkatkan kepadatan daya transmisi dan memungkinkan pengiriman sejumlah kecil data dengan biaya yang lebih rendah (baik perangkat keras maupun langganan); dan juga kemampuan pengoperasian di lokasi yang luas, sulit dijangkau, atau sulit dijangkau membuatnya sempurna untuk kasus penggunaan seperti pengukuran cerdas di ruang bawah tanah.

Dalam konteks ini, peran kemampuan MNO tidak terbantahkan untuk pengembangan paradigma m-IoT. Layanan konektivitas MNO memiliki potensi yang sangat besar untuk mempromosikan nilai di seluruh rantai. Kemitraan dan kolaborasi MNO dengan pemangku kepentingan lain di seluruh ekosistem IoT membantu mereka untuk memasuki industri lebih dalam sambil memperluas pangsa pasar mereka. Infrastruktur teknis MNO yang berkembang untuk komunikasi seluler memiliki peluang besar untuk menghubungkan sejumlah besar perangkat ke Internet dan akan menjadi penting bagi masa depan komunikasi IoT. Selain itu, mereka dapat memfasilitasi penyediaan, autentikasi, keamanan, penagihan, manajemen perangkat, layanan berbasis lokasi, pemberdayaan aplikasi, dan layanan analitik.

Seperti yang disebutkan, penerapan aplikasi m-IoT melalui teknologi seluler/LTE tengah berkembang pesat di seluruh dunia; peluang di balik penerapan LTE-M dan NB-IoT menarik perhatian para praktisi dan peneliti. Banyak peluncuran komersial teknologi LTE-M dan NB-IoT yang berbeda oleh berbagai MNO (misalnya, AT&T, KPN, Orange, Vodafone, Telefonica, Telstra, China Mobile, China Telecom, Deutsche Telekom, dll.) sedang berlangsung (GSMA, 2019). Secara umum, implementasi m-IoT yang menjanjikan dapat dilihat di bidang pengukuran cerdas untuk utilitas (seperti listrik, gas, dan air), lampu jalan dan meteran parkir kota cerdas, rumah dan bangunan cerdas termasuk alarm keamanan dan pengawasan,

pengelolaan limbah cerdas, sistem pertanian cerdas, otomasi industri, dan tentu saja rantai pasokan cerdas. Sesuai dengan contoh penerapan yang dibahas dalam kedua teknologi m-IoT, penting untuk dikatakan bahwa saat ini konektivitas m-IoT merupakan salah satu pendorong signifikan Rantai Pasokan 4.0. Kontribusi dan manfaatnya sangat berharga bagi transformasi digital rantai pasokan; terutama memantau operasi rantai pasokan, meningkatkan proses manufaktur, dan merampingkan logistik.

Tidak diragukan lagi, integrasi konektivitas m-IoT dengan teknologi baru lainnya dan kontributor paradigma IoT akan memunculkan peluang aplikasi inovatif dan rantai nilai bisnis baru untuk pengembangan lebih lanjut Rantai Pasokan 4.0; dan bahkan akan memaksimalkan efisiensi rantai pasokan dan visibilitas rantai pasokan.

### **Efisiensi Rantai Pasokan**

Saat ini, sebagian besar organisasi masih menggunakan proses berbasis kertas dan yang didukung TI secara bersamaan; yaitu menggunakan model rantai pasokan hibrida seperti yang disorot oleh Capgemini Consulting (2017). Pergeseran ke arah otomatisasi proses dan integrasi terkomputerisasi tidak dapat dihindari untuk menghadapi tantangan ekosistem rantai pasokan yang semakin meningkat; responsivitas, fleksibilitas, dan ketangkasan. Capgemini Consulting (2017) menyatakan bahwa “Pemrosesan langsung, pelaksanaan lengkap proses menyeluruh tanpa perlu mengetik ulang atau intervensi manual, telah diidentifikasi sebagai target desain proses otomatis utama”. Otomatisasi dan integrasi semua proses bisnis dalam rantai pasokan, dan kolaborasi digital dengan pelanggan dan pemasok dapat diterima sebagai titik awal transformasi digital.

**Otomatisasi dan Integrasi Proses:** Integrasi proses dan operasi otomatis terutama menghasilkan peningkatan waktu pengiriman dan peningkatan kinerja rantai pasokan. Contoh penerapan m-IoT yang dijelaskan menunjukkan bahwa pemanfaatan perangkat m-IoT untuk proses manufaktur memberikan pengoptimalan proses produksi dan memfasilitasi operasi terkait inventaris dan manufaktur. Data yang dikumpulkan dari sensor melalui jaringan LTE dapat berkomunikasi dengan objek pintar lainnya dan menyediakan integritas semua aset di pabrik atau gudang. Khususnya, penggunaan perangkat yang mendukung NB-IoT dapat mendorong operasi yang lebih cepat dan efisien di lingkungan dalam ruangan -seperti pabrik, gudang, kontainer, dan komponen rantai pasokan lainnya- dengan daya saing.

**Integrasi Drone dan Konektivitas LTE:** Dalam lingkup proses otomatis dan terintegrasi, teknologi yang baru muncul, teknologi Drone mendapat perhatian besar di seluruh dunia untuk meningkatkan efisiensi rantai pasokan. Pengiriman paket menggunakan drone dipandang sebagai pengubah permainan dalam operasi rantai pasokan dan membuat layanan pengiriman lebih mudah dan efisien. Kekuatan LTE, 4G, dan konektivitas 5G di masa mendatang yang terus berkembang dapat semakin memperluas kemampuan teknologi Drone; keduanya dapat diintegrasikan dengan perangkat m-IoT dan jaringan LTE untuk memastikan lebih banyak produktivitas dan efisiensi dalam operasi rantai pasokan.

Misalnya, perusahaan logistik terkemuka DHL Parcel melakukan uji coba teknologi drone pada tahun 2016 yang dapat digunakan untuk pengiriman paket di lokasi yang sulit dijangkau. Demikian pula, Amazon juga meluncurkan layanan pengiriman drone mereka sendiri -disebut Prime Air- dari pusat pemenuhan pesanan dan mendarat di halaman pelanggan Amazon, yang diharapkan akan berkembang dalam beberapa tahun mendatang.

Selain peningkatan logistik, drone memainkan peran penting dalam bidang operasi rantai pasokan lainnya seperti manajemen inventaris. Drone dapat membantu dalam proses pengecekan dan pelacakan stok di sekitar gudang, dan membantu pemindaian stok yang efisien dengan chipset NB-IoT atau LTE-M. Proses manajemen inventaris yang otomatis dan terintegrasi seperti itu dapat lebih mendukung penetapan harga yang dinamis dalam operasi rantai pasokan.

**Peningkatan Fungsionalitas Teknologi SIM dan Revolusi eSIM:** Terkait perkembangan terkini, teknologi kartu SIM (Subscriber Identity Module) dan kartu pintar juga dapat menyediakan infrastruktur chipset yang lebih baik untuk memungkinkan perangkat yang mendukung m-IoT; keduanya dapat ditempatkan di lingkungan rantai pasokan yang mendalam. Saat ini, MNO mengubah fungsi dasar teknologi kartu SIM terintegrasi menjadi infrastruktur chipset untuk mengurangi kompleksitas dan biaya perangkat; yang memberikan peluang baru bagi ekosistem m-IoT. Selain itu, masa depan SIM, yaitu eSIM memungkinkan SIM perangkat seluler apa pun untuk disediakan dari jarak jauh yang ditetapkan oleh GSMA pada tahun 2016. Arsitektur eSIM memungkinkan penggantian profil MNO melalui OTA (Over-the-Air) tanpa harus mengganti SIM fisik; dengan kata lain, revolusi berikutnya dapat disebut sebagai SIM virtual. Saat ini, ada perhatian besar pada konektivitas LP-WAN seluler dengan arsitektur eSIM tunggal oleh komunitas industri. Kemampuan keamanan perangkat end-to-end yang ditingkatkan dari teknologi eSIM memiliki kekuatan yang nyata untuk pengembangan lebih lanjut kasus penggunaan NB-IoT dan LTE-M.

### **Visibilitas Rantai Pasokan**

Istilah Visibilitas Rantai Pasokan adalah keterlacakan suku cadang, komponen, atau produk yang berpindah dari produsen ke tujuan akhir untuk meningkatkan dan memperkuat rantai pasokan dengan membuat data terlihat oleh semua pemangku kepentingan dan bahkan pelanggan. Rantai pasokan digital perlu memberikan visibilitas tinggi, transparansi data penuh, dan fleksibilitas organisasi. m-IoT beroperasi sebagai enabler dan kontributor untuk mendukung dimensi visibilitas rantai pasokan dengan cara yang aman dan efisien.

**Pemantauan Aset Digital Secara Real-Time:** Saat ini, rantai pasokan digital dapat diperkaya dan didigitalkan dengan sensor atau perangkat yang mendukung m-IoT -sebagai aset pintar- yang dapat merasakan, mendengar, berkomunikasi, dan melakukan pekerjaan melalui konektivitas seluler LP-WAN. Digitalisasi aset industri menghubungkan proses, produk, mesin, layanan, fasilitas kepada mitra dan pelanggan jaringan rantai pasokan. Sensor dalam rantai pasokan dapat mengumpulkan dan memantau berbagai data berharga dengan cara yang lebih

efisien selama pengiriman atau produksi atau penyimpanan; dan memberikan pandangan holistik jaringan rantai pasokan digital bagi organisasi.

Selain otomatisasi dan operasi yang lebih cepat, perangkat yang mendukung IoT yang terhubung ke jaringan m-IoT dapat mengirimkan sejumlah kecil data ke seluruh dunia untuk mengomunikasikan informasi penting, seperti suhu atau lokasi kontainer. Contoh penerapan menekankan aset yang terhubung dengan chipset dan sensor m-IoT tertanam yang memungkinkan untuk melacak kondisi, status, dan lokasi aset secara "real-time" -seperti truk, kendaraan, kontainer, palet, produk, dan banyak lainnya- dari sumber hingga tujuan. Terutama penerapan pemantauan waktu nyata terkait manajemen ternak dan rantai dingin merupakan aplikasi penting dalam lingkup Rantai Pasokan 4.0. Melalui pemasangan perangkat yang terhubung ke jaringan LTE-M atau NB-IoT dalam kontainer, organisasi dapat menerima pemberitahuan waktu nyata tentang kondisi pengiriman; misalnya saat suhu berubah atau palet bergerak tidak teratur, produsen dapat mengambil atau memicu tindakan yang diperlukan.

Selain itu, pemantauan aset digital yang berkelanjutan dan waktu nyata dapat meningkatkan visibilitas proses produksi, permintaan, informasi inventaris melalui rak pintar, dan status palet melalui palet pintar. Berbagai macam aplikasi ini memastikan berbagai manfaat seperti meminimalkan limbah, pengoptimalan rute, pengurangan waktu perjalanan atau waktu logistik, dan tentu saja efektivitas operasional. Jelas, konektivitas m-IoT menawarkan peningkatan visibilitas ke setiap langkah rantai pasokan dengan fitur-fiturnya yang menjanjikan; sensitivitas penundaan rendah, biaya rendah, konsumsi daya rendah, dan jangkauan yang luas.

*Analisis Prediktif:* Tingkat berikutnya dalam paradigma m-IoT adalah analisis data; memperoleh nilai dari data waktu nyata yang disediakan oleh perangkat m-IoT. Istilah data dan analitik merupakan konsep kunci untuk proses yang lebih cepat dan efisien, serta visibilitas rantai pasokan. Dengan transparansi data penuh, pendekatan teknik peramalan yang canggih, analitik prediktif, dan platform yang jelas lebih baik - tempat data ditangkap, diproses, dan dimanfaatkan/diakses seperti komputasi awan - dapat memanfaatkan digitalisasi rantai pasokan dan menyediakan model bisnis baru. Cakupan yang ditingkatkan dengan biaya rendah dan kemampuan 4G atau 5G masa depan dari teknologi m-IoT memungkinkan untuk mengumpulkan dan mengintegrasikan sejumlah besar data berharga seperti status produksi, kapasitas, lokasi kontainer, kondisi, permintaan, cuaca, penjualan, dan banyak lagi.

Penerapan jaringan NB-IoT atau LTE-M untuk aplikasi industri memungkinkan untuk membentuk aliran data real-time baru dengan menghubungkan berbagai hal dengan cara yang hemat biaya. Fase berikutnya, analitik prediktif dari data yang ditangkap menciptakan potensi untuk kemajuan besar dalam produktivitas dan efisiensi; seperti pengoptimalan kapasitas produksi, produksi dan distribusi tepat waktu, pengoptimalan perutean, peningkatan kualitas berkelanjutan. Peluang untuk jaringan m-IoT di sekitar analitik data menawarkan lebih banyak peluang dan layanan baru bagi bisnis.

*Keamanan Aset Digital:* Masalah menantang lain yang perlu disoroti dengan digitalisasi rantai pasokan melalui konektivitas m-IoT adalah keamanan data yang berharga dan sensitif. LP-WAN seluler memungkinkan peningkatan visibilitas rantai pasokan dan transparansi data. Selain kemampuan keamanan jaringan seluler MNO; penggunaan teknologi autentikasi yang menjanjikan, biometrik, atau mekanisme keamanan serupa lainnya pada operasi rantai pasokan sangat penting untuk mengamankan barang dan digital; dengan kata lain mengamankan fisik dan data dalam lingkungan seluler, terukur, dan heterogen.

Teknologi keamanan yang baru muncul, Blockchain -sebagai buku besar digital terdistribusi- memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi dan efisiensi rantai pasokan; teknologi ini dapat berdampak positif pada segala hal mulai dari pergudangan hingga pengiriman. Penggunaan Blockchain dalam operasi rantai pasokan menawarkan transparansi data yang aman dengan basis data yang terukur dan dapat dioperasikan yang dapat diakses di mana saja di seluruh dunia; karenanya mitra dalam rantai pasokan dapat berbagi data dengan aman dengan produsen, pemasok, dan vendor. Transparansi data yang aman dengan teknologi Blockchain dapat memastikan komunikasi yang efisien antara mitra, membangun kepercayaan, dan mengurangi kejadian yang tidak diinginkan – seperti penundaan atau kehabisan stok – dalam konteks Rantai Pasokan 4.0. Hal ini juga dapat berkontribusi untuk pengembangan aplikasi m-IoT lebih lanjut.

### **Ringkasan**

Saat ini, Industri 4.0 secara dramatis mengubah cara berbisnis untuk jaringan rantai pasokan. Agar memiliki kemampuan SCM yang lebih efisien, paradigma komunikasi dibentuk kembali oleh paradigma IoT, yang memfasilitasi munculnya era Rantai Pasokan 4.0. Penerapan berbagai perangkat pintar seperti sensor, aktuator dengan teknologi tertanamnya di pabrik, gudang, kontainer, dan area lain mulai terhubung ke Internet untuk mengedepankan beragam solusi SCM bernilai tambah dan meningkatkan nilai rantai pasokan. Solusi seperti pemantauan aliran produksi, pelacakan aset, manajemen inventaris yang efisien, transportasi cerdas memerlukan pemantauan aset digital secara terus-menerus dan waktu nyata dalam rantai pasokan, dan cakupan area yang luas dengan perangkat pintar yang hemat biaya. Meningkatnya dan berubahnya persyaratan aplikasi industri dan rantai pasokan yang mendukung IoT menyebabkan berbagai inisiatif dan pengembangan teknologi oleh para peneliti dan praktisi. Konsep konektivitas LP-WAN dengan sejumlah teknologi milik sendiri dan non-seluler diusulkan; semuanya memiliki fitur teknis sendiri yang membuatnya cocok untuk aplikasi IoT tertentu. Kesamaan infrastruktur jaringan seluler arsitektur LP-WAN dan persyaratan desainnya mendorong 3GPP dan industri seluler untuk menstandarisasi kelas LP-WAN baru sebagai teknologi LP-WAN seluler; yaitu konektivitas m-IoT. Saat ini, paradigma m-IoT -dengan teknologi LTE-M dan NB-IoT yang menjanjikan- memberikan kontribusi yang berharga dan cukup besar untuk lingkungan cerdas heterogen yang memerlukan konektivitas seluler berbiaya rendah dan jangkauan yang luas. Saat ini, kekuatan jaringan LTE, 4G, dan 5G masa depan sedang mereformasi konektivitas dan komunikasi m-IoT, dan memberikan peluang baru dalam berbagai domain seperti perawatan kesehatan, pertanian, utilitas, dan

terutama untuk operasi industri dan rantai pasokan. Kedua teknologi, LTE-M dan NB-IoT memanfaatkan kemampuan jaringan seluler MNO dengan menggunakan semua fitur keamanan, sedangkan keduanya berbeda dalam hal masa pakai baterai perangkat pintar yang terhubung, laju throughput data, roaming, kompleksitas perangkat, area jangkauan, penetrasi dalam ruangan, mobilitas, kemampuan dukungan suara, dan sebagainya. Keragaman ini mendorong sejumlah besar penerapan jaringan LTE-M dan NB-IoT di seluruh dunia.

Konektivitas m-IoT mendukung banyak industri khususnya dengan tujuan pemantauan data berkelanjutan dan waktu nyata serta komunikasi yang efisien antara mitra dalam rantai nilai. Hal ini memungkinkan untuk menghubungkan berbagai aset -seperti truk, kendaraan, kontainer, palet, produk, mesin, dan banyak lainnya- ke Internet, dengan kata lain mendigitalkan aset rantai pasokan dengan cara yang hemat biaya. Dalam hal ini, menangkap data waktu nyata tentang aset rantai pasokan melalui konektivitas LTE-M atau NB-IoT mungkin merupakan pencapaian terpenting dalam paradigma m-IoT; yang meningkatkan transparansi data dan visibilitas rantai pasokan. Selain itu, otomatisasi dan integrasi semua proses -dari manufaktur, pergudangan hingga distribusi- dalam jaringan rantai pasokan melalui jaringan LTE-M atau NB-IoT dapat memastikan operasi rantai pasokan yang lebih cepat dan efisien. Singkatnya, karena jumlah konektivitas m-IoT dan potensi LTE, 4G dan 5G masa depan meningkat, diharapkan skala ekonomi akan meningkat yang akan membuka jalan bagi penyebaran yang lebih luas yang memerlukan konektivitas aman di area yang luas dengan biaya rendah dan dengan kompleksitas perangkat yang rendah; dan konektivitas m-IoT akan menjadi bagian integral dari MNO. Selain kekuatan teknologi LTE, teknologi yang baru-baru ini muncul - SIM virtual atau eSIM, Drone, Blockchain, teknik peramalan canggih dan analitik prediktif - akan memainkan peran penting dengan konektivitas m-IoT dan berkontribusi lebih lanjut dalam pengembangan ekosistem Rantai Pasokan 4.0 untuk lebih banyak efisiensi rantai pasokan dan visibilitas rantai pasokan. Jelas bahwa, integrasi konektivitas m-IoT dengan teknologi baru lainnya akan memberikan solusi yang mulus untuk rantai pasokan yang berkelanjutan; dan juga akan memaksimalkan efisiensi rantai pasokan dan visibilitas rantai pasokan.

## BAB 8

### BIG DATA DAN APLIKASI PERUSAHAAN

Saat ini, sebuah perusahaan terus menjalankan aktivitasnya dalam lingkungan yang sangat kompetitif, apa pun sektor tempatnya beroperasi. Sebuah poin penting telah ditekankan dalam banyak perkembangan oleh para manajer dan akademisi berpengalaman yang telah dirilis ke publik. Dari pemasaran hingga keuangan, manajemen sumber daya manusia, audit, dan perencanaan, semua proses bisnis telah memasuki proses inovatif yang luar biasa. Salah satu topik dalam proses ini adalah big data.

Jika data kumulatif tidak digunakan, data tersebut tidak akan menjadi tumpukan sampah yang sangat besar. Namun, tidak mungkin untuk menganalisis data yang begitu besar, kompleks, dan dinamis melalui metode konvensional. Pada titik ini, konsep big data telah muncul. Dalam penelitian ini, setelah penjelasan dan definisi konsep, dilakukan kajian pustaka yang luas untuk menyajikan hubungan big data dengan IoT, topik-topik terkait big data, dan penelitian akademis tentang big data. Setelah itu, aplikasi perusahaan di dunia nyata dicontohkan dari berbagai industri.

#### 8.1 PENDAHULUAN

Dalam buku terbitannya: *The Scholar and the Future of the Research Library* pada tahun 1944, Fremont Rider; seorang pustakawan di Universitas Wesleyan; memperkirakan bahwa ukuran perpustakaan universitas AS berlipat ganda setiap enam belas tahun dan dengan tingkat pertumbuhan ini, Perpustakaan Universitas Yale akan memiliki hampir 200 juta volume yang akan membutuhkan lebih dari 10 ribu kilometer rak, dengan sekitar enam ribu staf kerja pada tahun 2040.

Pada tahun 1975 Kementerian Pos dan Telekomunikasi di Jepang melakukan proyek yang disebut “Sensus Aliran Informasi” untuk melacak volume informasi yang mengalir di Jepang. Studi tersebut menyajikan jumlah kata sebagai unit pengukuran konsolidasi. Hasilnya menemukan bahwa informasi yang disediakan meningkat jauh lebih cepat daripada informasi yang diminta. Demikian pula, pada tahun 1981 Kantor Statistik Pusat Hongaria memulai inisiasi penelitian untuk mengkaji industri informasi di negara tersebut.

Kemudian pada tahun 1983 Pool menerbitkan sebuah makalah; *Melacak Aliran Informasi* yang mengeksplorasi tren pertumbuhan dalam industri media komunikasi dari tahun 1960 hingga 1977. Dalam periode penelitian tersebut, sebagian besar pertumbuhan yang diamati dalam aliran informasi disebabkan oleh pertumbuhan dalam penyiaran. Kuantitas data secara bertahap menjadi masalah penting. Dalam studinya yang sangat berpengaruh *Saving All the Bits*.

Denning (1990) menunjukkan bahwa keharusan untuk menyimpan semua data memaksa mereka ke dalam situasi yang sulit sehingga laju dan volume aliran informasi menenggelamkan jaringan, infrastruktur penyimpanan, dan sistem pencarian informasi mereka, seperti halnya kapasitas pemahaman manusia. Jadi, beberapa jenis mesin atau

metode harus dikembangkan untuk mengurangi jumlah data yang harus disimpan, dan risiko kehilangan penemuan tersembunyi dalam basis data yang luas dapat dikurangi.

Dengan penetrasi dan pertumbuhan internet yang eksponensial, perhatian pada pemrosesan data menjadi topik penting bagi semua pemangku kepentingan terkait. Pada tahun 1997, Lesk menerbitkan sebuah makalah dengan tujuan menghitung volume data saat ini dan masa depannya di seluruh dunia ; di mana Cox dan Ellsworth (1997) menamai perhatian pemrosesan data sebagai masalah data besar. Itu adalah artikel pertama di Perpustakaan Digital ACM yang menggunakan istilah data besar, meskipun kuantitas datanya tidak sebanding dengan yang kita hadapi saat ini.

Tujuan utama dari contoh-contoh yang disebutkan di atas adalah untuk menemukan jawaban atas pertanyaan utama: Bagaimana kita menangani dan memperoleh manfaat dari data yang banyak, berkembang pesat, dan beragam itu? Manusia telah mulai menghasilkan nilai dari data kumulatif yang telah menjadi tumpukan besar seperti halnya menghasilkan energi dari tumpukan sampah di tempat pembuangan sampah kota, yang menumpuk selama bertahun-tahun. Dalam beberapa dekade terakhir, dengan merebaknya data dalam semua kegiatan, manusia telah menghadapi ancaman global baru, yang disebut "Kesenjangan informasi.

Data yang tidak dianalisis dan tidak rasional dapat dinyatakan sebagai lubang informasi hitam, yang memunculkan banyak kejadian yang tidak terduga dan tidak dijelaskan dengan baik. Komunikasi telah menjadi salah satu aspek utama manusia sejak zaman dahulu. Selama beberapa dekade terakhir kita telah menyaksikan perubahan besar dalam komunikasi dan teknologi informasi. Jejaring sosial menghasilkan sejumlah besar data setiap saat. Demikian pula, perangkat seluler menghasilkan data, seperti pesan instan, panggilan suara, konferensi video, GPS. Selain itu, teknologi sensor seperti satelit, GPS, radar menghasilkan data besar dengan mengukur jenis data lainnya.

Peningkatan volume data yang dikumpulkan oleh organisasi secara konsisten karena peningkatan data di media sosial, Internet of Things (IoT) dan platform multimedia. Jumlah data yang dihasilkan di mana-mana, setiap hari benar-benar besar. Penting untuk menganalisis volume data yang sangat besar ini untuk mendapatkan manfaat darinya. Oleh karena itu, diperlukan teknik komputasi yang lebih rumit dan cerdas. Dalam bidang analisis data, metode konvensional yang sebelumnya digunakan untuk mengeksplorasi set data menjadi tidak mampu mengatasi tipe data terkini dan pada titik ini konsep baru telah muncul: Big Data. Meskipun memiliki banyak definisi, big data dapat dikualifikasikan sebagai data yang melampaui kapasitas pemrosesan sistem basis data konvensional.

Chapman (2018) menetapkan alasan terpenting penggunaan big data sebagai; menghemat waktu, analisis real-time yang lebih baik, metode penyimpanan data yang dimodernisasi, penyampaian wawasan berkualitas tinggi, dan dukungan pada pengambilan keputusan yang lebih baik. Data terlalu besar, bergerak terlalu cepat, atau tidak sesuai dengan struktur arsitektur basis data umum. Untuk mendapatkan nilai dari data ini, cara alternatif harus dipilih untuk memprosesnya.

Dengan memiliki perilaku yang tidak dikenal tersebut, tipe data baru tersebut harus memiliki berbagai karakteristik; yang disebut sebagai 5V big data oleh akademisi, peneliti, dan pakar lapangan. Bagian selanjutnya dari bab ini mengeksplorasi karakteristik big data. Bagian ketiga menyajikan tinjauan pustaka yang luas.

## 8.2 CIRI-CIRI BIG DATA

Telah disebutkan bahwa big data menunjukkan perilaku yang berbeda-beda jika mempertimbangkan tipe data umum. Fitur fundamental big data disebutkan memiliki jumlah yang besar, tipe data yang beragam, dan struktur dinamis berkecepatan tinggi. Meskipun sebagian besar penelitian awal big data dalam literatur telah menentukan karakteristik konsep ini sebagai 3V (*Volume, Variety, Velocity*) berdasarkan fitur fundamentalnya, literatur saat ini sepakat pada 5V (*Volume, Variety, Velocity, Value, Veracity*). Meskipun beberapa studi lapangan baru-baru ini mengusulkan V baru (*Validitas, Variabilitas, Visualisasi, Viskositas, Viralitas*, dan lainnya), mereka tetap tidak cukup dalam membangun konsep tersebut. Berikut merupakan karakteristik big data:

- a. **Volume:** Seperti namanya, big data adalah kumpulan data dalam jumlah yang sangat besar yang harus ditangani dengan benar. Data yang paling menarik untuk dimanfaatkan oleh organisasi mana pun saat ini adalah data media sosial. Beberapa aplikasi tambahan sedang dikembangkan; seperti penginderaan jarak jauh, pemantauan lingkungan, pemantauan lalu lintas, pemantauan jarak jauh, pemantauan pasien, dan pengendalian stok dengan identifikasi frekuensi radio (RFID). Bagi analisis data, penyimpanan merupakan tugas yang sulit. Volume data yang besar ini akan bermanfaat untuk memperoleh hasil yang akurat. Jika perusahaan dapat menganalisis sejumlah data tersebut secara efektif untuk membedakan pola dan anomali, bisnis dapat mulai memahami data dengan cara baru.
- b. **Variety:** Umumnya, tidak mungkin menemukan data dalam bentuk yang teratur dan siap untuk diproses. Fitur umum dari sistem big data adalah bahwa data sumber beragam dan tidak termasuk dalam struktur relasional yang rapi. Data hadir dalam berbagai format, mulai dari email hingga tweet dan data sensor. Tidak ada kontrol atas format atau struktur data. Dalam aplikasi tradisional, sumber data utamanya adalah transaksi dan pemrosesan hukum. Jenis sumber telah berkembang secara dramatis dengan berbagai ekstensi file. Big data mencakup data terstruktur, semi-terstruktur, dan tidak terstruktur dalam proporsi yang berbeda, tergantung pada konteksnya.
- c. **Velocity:** Model bisnis *de facto* yang telah diadopsi oleh sebagian besar perusahaan berbasis web seperti Amazon, Facebook, Google, dan lainnya. Hal ini beroperasi dengan melacak klik dan perilaku navigasi pelanggan mereka, untuk mengembangkan pengalaman penelusuran dan/atau belanja yang dipersonalisasi. Dalam perilaku klik pelanggan, ada jutaan klik yang dikumpulkan dari mereka setiap detik, yang menghasilkan sejumlah besar data. Peningkatan data yang dramatis berarti bahwa data harus dianalisis dengan lebih cermat. Semakin cepat data meningkat, semakin cepat pula kebutuhan akan data meningkat; Oleh karena itu, proses tersebut juga

menunjukkan peningkatan. Volume data yang besar mungkin dianggap mengakibatkan penurunan kinerja komputasi.

- d. **Value:** Kesulitan dalam menghasilkan data dalam jumlah besar adalah mengetahui cara menemukan nilai konkret. Nilai data biasanya sangat tersembunyi dalam kumpulan data yang dikumpulkan dan hanya dapat dilihat dengan metode penemuan yang khusus untuk setiap jenis data. Faktanya, nilai sebenarnya didasarkan pada pemilihan model yang tepat untuk diikuti untuk analisis serta data yang tepat untuk setiap jenis data. Untungnya, platform big data menawarkan banyak alat untuk menemukan koneksi tersembunyi antara berbagai platform berbasis kubus.
- e. **Veracity:** Kebenaran berkaitan dengan kebenaran, keterpercayaan, asal-usul, dll. Dalam kumpulan data yang sangat besar, menyediakan kebenaran data yang lengkap merupakan tugas yang sulit. Mungkin ada juga beberapa data yang tidak akurat. Kebenaran memiliki dua fitur mendasar yakni keandalan sumber dan kemanfaatan data. Banyak sumber menghasilkan data yang tidak pasti, tidak lengkap, dan tidak akurat oleh karena itu, membuat kebenarannya mencurigakan.

Seiring dengan penggunaan harian yang intensif di banyak sektor, akademisi juga tertarik untuk memberikan kontribusi teoritis dan teknis terhadap big data. Beberapa penelitian yang dilakukan dalam literatur disajikan di bawah ini.

### 8.3 DEFINISI DAN KONSEP BIG DATA

Pada bagian ini, setelah penjelasan dan definisi konsep big data, tinjauan pustaka yang luas dilakukan pada topik-topik terkait big data dan penelitian akademis tentang big data. Terkait dengan konsep buku ini, tinjauan pustaka dilakukan dalam lingkup hubungan Big Data dengan Internet of Things (IoT). Penelitian yang dipelajari dalam konten bab ini disajikan di bawah ini. Ahmed, dkk. (2017) menganalisis literatur ilmiah yang relevan dengan berkonsentrasi pada hubungan antara big data dan internet of things (IoT). Dalam konteks ini, pertama-tama, perkembangan dan solusi terbaru pada big data berbasis IoT dan analitiknya dibahas.

Kemudian, penekanan ditempatkan pada pemrosesan big data dan platform analitik yang dapat digunakan untuk sejumlah besar data yang dihasilkan oleh IoT. Platform-platform ini dinyatakan sebagai apache Hadoop, 1010 data, Cloudera data hub, SAP-Hana, Hortonworks, dll. Setelah itu, taksonomi big data dan solusi analitis dibuat untuk sistem IoT. Menurut taksonomi ini, taksonomi big data dan solusi analitisnya yang dirancang untuk sistem IoT dikategorikan sehubungan dengan properti tertentu. Properti-properti ini ditentukan sebagai sumber big data, komponen sistem, Teknologi yang memungkinkan big data, elemen fungsional, dan jenis analitik. Selain itu, peluang dan kesulitan yang ada dibahas untuk big data dan analitiknya di lingkungan IoT.

Akibatnya, ketika hubungan antara big data dan IoT diselidiki, para penulis menyoroti bahwa solusi big data yang tersedia dalam paradigma IoT masih dalam tahap awal dan kesulitan-kesulitan ini perlu diatasi hari demi hari. Ge, dkk. (2018) menekankan bahwa analitik big data berubah menjadi alat analisis data yang lebih penting dalam IoT dengan

perkembangan pesat dalam internet of things dari waktu ke waktu, dan mereka menyajikan kerangka kerja konseptual dengan melakukan penelitian literatur yang luas di bidang ini. Dalam penelitian ini, fokus ditetapkan pada teknologi big data dengan tujuan mencegah kelemahan penggunaan analitik big data secara berbeda di setiap domain IoT dan memungkinkan berbagi informasi dan integritas aplikasi di domain IoT.

139 makalah ditinjau dalam lingkup penelitian literatur. Makalah-makalah tersebut diklasifikasikan menurut domain IoT, teknik big data yang digunakan dalam kaitannya dengan domain ini dan cara teknik ini diterapkan. Dalam konteks ini, pertama-tama, delapan domain IoT ditentukan. Dalam lingkup makalah yang dikaji, distribusi studi yang terkait dengan domain IoT yang ditentukan adalah sebagai berikut: makalah kesehatan memiliki 25% (35 makalah), energi 17% (24 makalah), kota pintar 13% (18 makalah), pertanian 9% (13 makalah), transportasi 8% (11 makalah), industri 7% (10 makalah), militer 6% (8 makalah) dan otomasi bangunan 5% (20 makalah). Ketika distribusi ini diperiksa, dapat dikatakan bahwa domain IoT tempat teknologi big data paling banyak digunakan adalah kesehatan, dan domain tempat teknologi tersebut paling sedikit digunakan adalah otomasi bangunan.

Rehman, dkk. (2019) menekankan bahwa sejumlah besar data diproduksi karena penggunaan sensor dan perangkat IoT yang lazim di area industri, namun, prosedur data utama menghadapi banyak kesulitan di dalam IoT karena keterbatasan faktor-faktor seperti sumber daya jaringan dan penyimpanan. Meskipun ada banyak penelitian yang dilakukan di bidang ini, sangat sedikit penelitian yang dilaporkan secara tepat mencerminkan kedua paradigma ini. Dalam konteks ini, literatur ditinjau, dan penelitian diperiksa dalam kerangka taksonomi tertentu. Menurut taksonomi ini, mereka mendekati analitik data besar dalam IoT di bawah enam kategori sebagai sumber data, alat analitik, teknik analitik, persyaratan, aplikasi analitik industri, dan jenis analitik.

Selain itu, mereka mencoba mendeteksi aplikasi analitik data besar di IoT dengan memasukkan struktur dan tujuan masalah, metode solusi, kumpulan data, batasan, dan solusi potensial. Dalam konteks kajian yang dikaji, disimpulkan bahwa pelaksanaan analisis big data dalam sistem IoT masih dalam tahap awal, perlu dibuat beberapa prosedur dan standar untuk penerapan analisis big data pada sistem IoT dan diperlukan upaya besar untuk mengadaptasi proses saat ini dengan perkembangan baru ini. Dalam kajian mereka, Babar dan Arif (2017) mengusulkan pendekatan arsitektur kota pintar berdasarkan analisis big data dan internet of things. Pendekatan yang disarankan direalisasikan dalam tiga tahap.

Pada tahap 1, berbagai data dikumpulkan mengenai layanan kota. Pada tahap 2, dilakukan kalkulasi data, normalisasi, penyaringan, pemrosesan, dan analisis data terhadap data yang dikumpulkan. Pada tahap 3, beberapa aturan dibentuk sebagai hasil dari algoritma metode dan aplikasi dimulai dalam kerangka aturan yang ditetapkan. Sistem yang disarankan diuji dengan Ekosistem Hadoop. Dengan demikian, disimpulkan bahwa sistem yang disarankan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan arsitektur kota pintar saat ini dan efektif dalam hal efisiensi.

Din dan Paul (2019) mengusulkan pendekatan baru yang terkait dengan sektor kesehatan sebagai sistem pemantauan dan manajemen kesehatan cerdas dengan

memanfaatkan teknologi big data dan internet of things. Model tersebut terdiri dari tiga lapisan sebagai produksi dan prapemrosesan data, lapisan pemrosesan Hadoop, dan lapisan aplikasi data. Selain itu, sistem yang diusulkan didukung dengan arsitektur yang mencakup data daring dan luring; model yang diusulkan dipraktikkan dengan data yang diperoleh dari sektor kesehatan dan disimpulkan bahwa kinerjanya berada pada tingkat yang diinginkan.

Dalam studi mereka, Côrte-Real dkk. (sedang diterbitkan) mencoba menilai persepsi perusahaan Eropa dan Amerika tentang analitik big data dan teknologi Internet of things (IoT) dengan mengandalkan perspektif manajemen strategis. Dalam konteks ini, survei diterapkan pada total 618 perusahaan Eropa dan Amerika untuk menilai apakah teknologi ini memberikan keunggulan kompetitif. Dengan demikian, disimpulkan bahwa teknologi ini akan memberi bisnis keunggulan kompetitif yang besar selama kualitas datanya tinggi.

Dalam studi mereka, Yao, dkk. (2019) mengemukakan pendekatan model pembelajaran mendalam untuk mendeteksi batu empedu dengan data besar yang diperoleh dari internet of things di bidang medis. Terungkap bahwa IoT medis dapat memungkinkan aliran data bagi para peneliti yang melakukan studi di bidang ini dengan memanfaatkan sumber data besar seperti gambar ultrasonografi besar, tomografi terkomputasi, resonansi magnetik, dll. Lebih jauh, diamati bahwa data IoT medis juga digunakan dalam studi ini. Sebagai hasil dari studi tersebut, ditemukan bahwa model yang diusulkan dapat membantu mendeteksi dan menangani kasus batu empedu dan efisiensinya tinggi.

Babar, dkk. (2019) menyarankan analitik data besar berdasarkan Internet of Things dan arsitektur kota pintar untuk sistem manajemen data perkotaan. Arsitektur yang disarankan memiliki dua modul yang berbeda. Modul-modul ini dinyatakan sebagai pemuatan Big Data dan pemrosesan Big Data. Dalam metode yang dibahas, analisis dilakukan dengan Hadoop. Ditekankan dengan hasil eksperimen bahwa metode yang diusulkan untuk sistem manajemen data perkotaan jauh lebih efisien ketika pemuatan data manual dan tradisional serta arsitektur solusi yang disarankan dibandingkan. Jan, dkk. (2019) mengusulkan model sistem transportasi pintar dengan pendekatan big data dan internet of things. Model yang diusulkan dilakukan pada 4 tahap:

- a. Tahap 1: pengumpulan data
- b. Tahap 2: komunikasi
- c. Tahap 3: pemrosesan data
- d. Tahap 4: aplikasi

Analisis dilakukan melalui Ekosistem Hadoop dalam sistem yang dibahas. Sistem yang disarankan diuji dengan kumpulan data transportasi nyata dari berbagai sumber. Hasilnya, ditekankan bahwa sistem yang disarankan memberikan hasil yang sangat realistis dan secara umum dapat digunakan dalam penyelesaian masalah jaringan transportasi. Dalam penelitian mereka, Gu, dkk. (2017) meneliti potensi aplikasi big data dan internet of things untuk memecahkan masalah pengelolaan Limbah Peralatan Listrik dan Elektronik (WEEE).

Dengan demikian, ditemukan dalam analisis teknologi IoT dan big data untuk bidang tersebut di atas bahwa keduanya dapat menimbulkan beberapa kesulitan sekaligus peluang penting. Kesulitan dan peluang ini didekati dari perspektif ekonomi, teknologi, dan praktis.

Skenario yang dibuat dalam konteks kerangka kerja yang diusulkan untuk penerapan teknologi IoT dan big data dalam manajemen WEEE diuji dengan masalah kehidupan nyata. Akibatnya, ditetapkan bahwa penggunaan IoT dan teknologi big data secara bersama-sama memberikan kontribusi positif terhadap masalah manajemen WEEE.

Akhirnya, tujuan lain dari makalah ini dinyatakan sebagai penyediaan bagi para peneliti yang tertarik pada bidang ini dengan visi baru dalam hal IoT dan big data. Dalam studi mereka, Babar dan Arif (2018) mengusulkan model berdasarkan analisis pemanenan energi, yang berarti penyimpanan energi yang terputus dalam sistem yang tidak dapat dialiri energi secara terus-menerus, untuk sensor pemantauan kesehatan, dan analisis big data di sektor kesehatan. Oleh karena itu, pertama-tama, kerangka kerja konseptual yang komprehensif ditetapkan terkait dengan area pemanenan energi untuk sensor pemantauan kesehatan dan pemrosesan data serta pengambilan keputusan untuk layanan kesehatan. Pendekatan yang disarankan direalisasikan pada tiga tahap:

- a. Tahap 1: pemanenan energi dan produksi data
- b. Tahap 2: pra-pemrosesan data
- c. Tahap 3: pemrosesan dan aplikasi data

Dalam metode yang dibahas, analisis dilakukan dengan Hadoop. Model yang diusulkan menekankan signifikansi dan efektivitas teknologi big data dan IoT dalam layanan kesehatan. Dinyatakan pula bahwa model yang ditetapkan dalam penelitian ini akan memberikan kontribusi penting bagi bidang kesehatan cerdas. Kho dkk. (2018) melakukan studi untuk memeriksa sejumlah besar data RFID dengan analitik big data di bengkel produksi yang mendukung IoT.

Metode yang terdiri dari kombinasi algoritma metode gradient descent dan clustering digunakan untuk melakukan analisis ini. Hasilnya, ditemukan bahwa prediksi dapat dibuat untuk masa depan produksi dengan big data yang diperoleh dari lokasi produksi dan efisiensi dapat ditingkatkan secara substansial. Sun, dkk. (2016) melakukan penelitian terapan tentang internet of things dan analitik big data untuk Komunitas Cerdas dan Terhubung (SSC), yang dikembangkan dalam konteks aplikasi kota cerdas. Aplikasi tersebut dijalankan di kota Trento di Italia. Tujuan dari aplikasi tersebut adalah untuk menghidupkan kembali kota, membuat kota lebih layak huni, dan memudahkan transportasi kota dengan membangun komunitas cerdas dan terhubung.

Sejalan dengan tujuan ini, teknologi TreSight, yang menggabungkan IoT dan analitik big data, digunakan untuk pariwisata cerdas dan warisan budaya berkelanjutan dalam aplikasi yang dilakukan di Trento. Berdasarkan hasil, sistem yang diusulkan dilaporkan berhasil diterapkan pada masalah yang sesuai dengan konsep kota pintar. Chen, dkk. (2014) melakukan penelitian konseptual yang luas terkait big data yang mencakup masa lalu big data, komputasi awan, internet untuk segala, pusat data, teknologi big data seperti Hadoop, persyaratan big data, hambatan big data, dan aplikasi big data.

Dengan demikian, sumber analisis data terpenting dalam aplikasi big data ditetapkan sebagai analisis data, analisis data teks, analisis data web, analisis data multimedia, analisis data jaringan, dan analisis data seluler. Area terpenting aplikasi big data ditetapkan sebagai

aplikasi big data berbasis IoT, aplikasi big data berorientasi jaringan sosial daring, aplikasi big data kesehatan dan medis, kecerdasan kolektif, dan jaringan pintar. Akhirnya, penulis menyatakan bahwa big data adalah bidang yang cukup terbuka untuk penelitian dan pengembangan meskipun ada kesulitan signifikan yang dialami oleh big data dan peneliti diperlukan untuk berkontribusi pada pengembangan bidang ini.

Hashem, dkk. (2016) menyajikan studi terapan tentang peran big data dalam kota pintar. Dalam konteks ini, mereka pertama-tama menyinggung teknologi komunikasi yang sedang berkembang seperti RFID, WSN, Wi-Fi, Ultra-wideband, ZigBee, dan Bluetooth, 4G LTE, LTE-A, dan 5G, Virtualisasi fungsi jaringan. Kemudian, mereka berkonsentrasi pada aplikasi big data apa yang dapat dilakukan di kota menurut konsep kota pintar. Dinyatakan bahwa aplikasi kota pintar big data dapat dilakukan di area seperti jaringan pintar, perawatan kesehatan pintar, transportasi pintar, dan tata kelola pintar. Terakhir, big data diterapkan di Stockholm, Helsinki, dan Kopenhagen.

Menurut hasil, terungkap bahwa big data memiliki peran kunci dalam analisis peningkatan data dengan meningkatnya koneksi perangkat ke jaringan melalui teknologi internet of things di kota-kota urban. Model bisnis dan arsitektur juga diusulkan untuk mengelola data di kota pintar. Akibatnya, meskipun ada berbagai kesulitan di area ini, ditekankan bahwa kesulitan-kesulitan ini juga dapat menghadirkan peluang untuk studi baru. Zheng, dkk. (2016) mengemukakan studi konseptual tentang pemanfaatan teknologi big data untuk transportasi sosial.

Oleh karena itu, mereka membahas bagaimana data dapat diperoleh untuk transportasi sosial, bagaimana data transportasi harus dianalisis, bagaimana analisis lalu lintas dan transportasi harus dilakukan dalam transportasi sosial selain crowdsourcing dalam transportasi sosial. Mengenai transportasi sosial, sistem transportasi 5.0 berbasis CPSS diperiksa, dan diungkapkan bahwa sistem ini dapat sangat berguna dalam hal audit dan pengendalian lalu lintas di area fisik dan siber. Akhirnya, pendapat dan saran disampaikan sehubungan dengan masa depan transportasi sosial dalam arti teknologi.

Jaradat, dkk. (2015) melaksanakan studi konseptual tentang pengelolaan big data untuk jaringan sensor pintar dan jaringan pintar. Oleh karena itu, dinyatakan bahwa jaringan sensor pintar dapat memberikan banyak peluang dalam aplikasi jaringan pintar seperti manajemen energi berorientasi permintaan dan integrasi generator energi terbarukan. Selain itu, disebutkan bahwa jaringan sensor pintar akan lebih disukai di masa depan karena keunggulan biayanya. Ditekankan bahwa hubungan antara jaringan sensor pintar dan jaringan pintar serta big data sangat kuat karena data yang sangat besar diproduksi dalam jaringan dan jaringan ini. Akan tetapi, disebutkan bahwa pengelolaan data yang efisien masih sulit meskipun big data merupakan teknologi yang sangat penting.

Dalam makalah ini, dibahas proposal dan aplikasi untuk masa depan jaringan pintar dan teknologi internet untuk segala. Disebutkan juga metode apa yang perlu digunakan untuk memanfaatkan teknologi big data dan untuk mengelola big data yang diproduksi oleh sensor dan penghitung di IoT selama proses aplikasi. Terakhir, disebutkan bahwa jaringan listrik pintar dan teknologi IoT menjadi semakin populer setiap harinya dan kita harus

memanfaatkannya sepenuhnya untuk membuat kehidupan kita sehari-hari lebih cerdas dan mudah.

Dalam penelitian mereka, Rathore et al. (2016) mengusulkan pendekatan berbasis IoT terintegrasi untuk pengembangan kota pintar dan perencanaan kota dengan menggunakan analisis big data. Model yang diusulkan dilakukan pada 4 tahap:

1. Produksi dan pengumpulan data dari sumber iot
2. Koordinasi komunikasi antara stasiun pangkal an, internet, dll
3. Penggunaan hadoop
4. Penggunaan dan penerapan data melalui analisis

Sistem diuji dalam hal efisiensi kinerja dengan mempertimbangkan waktu pemrosesan dan throughput. Sebagai hasil dari pengujian, disimpulkan bahwa sistem yang diusulkan lebih efisien daripada sistem yang ada dan dapat diterapkan dengan sukses dalam studi yang dapat dilakukan pada konsep kota pintar.

Nobre dan Tavares, (2017) meninjau studi big data dan internet of things tentang ekonomi sirkular (CE), yang berarti ekonomi industri berdasarkan nol polusi dan nol produksi limbah, melalui analisis literatur. Dalam konteks ini, mereka memeriksa 70 dari banyak dokumen yang diterbitkan antara tahun 2006-2015 dengan bantuan perangkat lunak statistik R. Dengan demikian, ditemukan bahwa Brasil dan Rusia, yang memiliki tingkat emisi gas rumah kaca yang tinggi, tidak begitu tertarik pada bidang ini sementara Tiongkok dan AS ditemukan sebagai negara dengan publikasi dan minat tertinggi di bidang ini.

Diperkirakan bahwa hasilnya dapat bermanfaat bagi para peneliti dan lembaga yang tertarik pada bidang ini. Kumari, dkk. (2018) meneliti situasi yang ada akibat peningkatan data yang diperoleh dari perangkat multimedia dengan perkembangan teknologi internet of things dan menyarankan model untuk bidang ini. Selain itu, mereka mengembangkan taksonomi komprehensif untuk meninjau sejumlah besar data multimedia yang disebut sebagai big data Multimedia. Dapat dikatakan bahwa pendekatan yang disarankan terkait dengan big data multi-media ini bertujuan untuk meneliti kesulitan-kesulitan dalam bidang ini seperti skalabilitas, aksesibilitas, keandalan, heterogenitas, dan kualitas layanan serta mengusulkan solusi.

Model yang disarankan diimplementasikan pada sistem transportasi cerdas di India. Dalam penelitian mereka, Elhoseny et al. (2018) mengusulkan pendekatan baru yang terintegrasi berdasarkan internet of things dan komputasi awan untuk mengelola big data yang muncul dalam aplikasi layanan kesehatan. Sebagai metode solusi dalam model yang disarankan, algoritma genetika, pengoptimal segerombolan partikel, dan metode pengoptimalan segerombolan partikel paralel digunakan. Telah ditemukan bahwa pendekatan baru ini menunjukkan kinerja 50% lebih baik daripada model yang tersedia dan juga meningkatkan efisiensi sistem sebesar 5,2% sebagai hasil dari aplikasi dengan data nyata.

Dalam penelitian mereka, Firouzi et al. (2018) mengevaluasi pentingnya, arsitektur, aplikasi, dan analisis bidang yang disebut perawatan kesehatan cerdas dalam sistem kesehatan dengan teknologi baru yang telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir (big data, internet of things). Menurut hasil, komponen sistem IoT di sektor kesehatan

ditetapkan sebagai lapisan perangkat, lapisan kabut, dan lapisan awan. Dalam penelitian ini, sebuah contoh disajikan untuk menarik perhatian pada pentingnya analisis big data berbasis IoT.

Oleh karena itu, pengeluaran IoT di pasar kesehatan Amerika Utara adalah 50 miliar Dolar pada tahun 2012, tetapi 150 miliar Dolar pada tahun 2019. Pada tahun 2022, nilai ini diharapkan menjadi 300 miliar Dolar. Menurut temuan ini, dapat dikatakan bahwa analisis big data berbasis IoT akan menjadi populer di seluruh dunia dari hari ke hari dan berubah menjadi elemen penting bagi banyak sektor seperti sektor kesehatan.

#### **8.4 SOLUSI BIG DATA DI DUNIA NYATA**

Meskipun merupakan konsep yang benar-benar baru, analisis big data telah banyak digunakan dan menghasilkan output yang luar biasa di banyak industri baru-baru ini. Perlu disebutkan di sektor mana dan untuk tujuan apa big data digunakan sebelum beralih ke contoh aplikasi kehidupan nyata di berbagai sektor. Sektor utama tempat big data umum digunakan dapat ditentukan sebagai media dan hiburan, keuangan, transportasi, perawatan kesehatan, pendidikan, ritel, manufaktur, dan layanan pemerintah. Tujuan penggunaan dan bentuk aplikasi big data di sektor terkait dapat dicantumkan sebagai berikut.

##### **Media dan Hiburan**

Teknologi yang baru muncul selalu menjadi kontributor utama industri media dan hiburan. Masalah bisnis utama yang mendorong perusahaan media mempertimbangkan solusi big data adalah kebutuhan untuk memangkas biaya operasional dan pada saat yang sama kebutuhan untuk menghasilkan uang dari berbagai platform dan produk. Big data dalam industri media dan hiburan membantu bisnis dalam banyak hal. Big data menemukan perilaku pelanggan, memberikan cakupan yang dipersonalisasi, dan membantu mendorong transformasi digital juga.

Oleh karena itu, big data berperan penting untuk memastikan profitabilitas bagi perusahaan media dan hiburan. Dengan menjalankan sistem manajemen big data yang mencakup gudang konvensional dan penyimpanan data zaman baru, jenis data yang lebih luas dapat dianalisis untuk memastikan bahwa bisnis dapat menjadi lebih aktif. Berikut ini adalah beberapa cara big data memberikan kontribusi bagi industri:

- a. Saat ini, cara tradisional dalam mengembangkan konten media telah digantikan oleh berbagai layanan media seperti bayar per tayang, siaran langsung, dan masih banyak lagi. Dalam proses pengiriman konten, distributor dan penyedia media mengumpulkan sejumlah besar data pengguna. Big data dalam industri media dan hiburan membantu konsumen mencari pemahaman yang komprehensif tentang perilaku dan preferensi mereka. Dengan mengadopsi analisis big data prediktif, pemasok media dan hiburan dapat dengan mudah meramalkan minat dan kebutuhan; dengan demikian, mengembangkan aplikasi dan meluncurkan penawaran khusus untuk pelanggan/pelanggan mereka.
- b. Mencari tahu alasan pelanggan berhenti berlangganan milis telah menjadi pertanyaan bernilai enam puluh empat ribu dolar selama bertahun-tahun. Berbeda dengan proses

konvensional, big data memungkinkan untuk mempelajari mengapa pelanggan berlangganan dan berhenti berlangganan; dan konten mana yang mereka sukai dan tidak sukai. Oleh karena itu, perusahaan media dan hiburan membuat promosi terbaik untuk menarik dan mempertahankan pelanggan.

- c. Dalam periklanan tradisional, penyedia menempatkan konten acak di depan target pelanggan dan berharap/menunggu apakah mereka menyukai apa yang mereka tonton. Dalam beberapa tahun terakhir, sektor periklanan telah mengalihkan aktivitas periklanan tradisional mereka ke media baru, menggunakan cara/alat pemasaran baru. Iklan mesin pencari dan media sosial dilakukan dengan lebih akurat dengan dukungan big data. Karena memudahkan pemahaman tren pelanggan, industri hiburan akan lebih berhasil jika mengembangkan konten yang lebih personal bagi mereka. Iklan yang efisien menghasilkan peningkatan tingkat pengembalian.
- d. Pelanggan memperoleh kekuatan berkat big data yang memudahkan kompleksitas menonton sesuai permintaan. Analisis tingkat lanjut digunakan untuk menghasilkan prakiraan yang tepat tentang tindakan pengguna dari berbagai sumber. Ini dapat membantu dalam menentukan jenis konten yang tepat bagi pengguna. Berkat big data, penyedia konten dapat mengoptimalkan penjadwalan aliran media mereka.

#### **Perbankan, Keuangan & Asuransi**

Sektor perbankan, keuangan, dan asuransi sejak dulu merupakan industri yang sangat bergantung pada data, dengan lembaga keuangan mengelola sejumlah besar data nasabah dan menggunakan analisis data melalui aktivitas keuangan. Sektor asuransi didasarkan pada analisis data untuk memahami dan menilai risiko secara efektif. Penilai dan profesional asuransi bergantung pada analisis data untuk menjalankan bisnis mereka. Dengan mempertimbangkan penyimpanan semua detail nasabah berdasarkan nama atau nomor rekening, detailnya dapat ditemukan hanya dengan sekali klik, namun ini hanyalah penggunaan dasar.

Big data membantu dalam pendeteksian penipuan untuk menemukan penyalahgunaan semua produk keuangan dengan mencatat statistik nasabah, sehingga memicu peringatan ketika aktivitas yang tidak biasa terdeteksi. Big data juga membantu pemeriksaan kredit berjalan lebih cepat dengan menganalisis laporan kredit pelanggan, kebiasaan belanja, profil media sosial, dan tingkat pembayaran kartu kredit, hanya dalam hitungan detik.

#### **Transportasi**

Karena pertumbuhan big data, big data telah digunakan dalam berbagai cara untuk membuat transportasi lebih bermanfaat dan mudah. Berikut ini adalah beberapa bidang di mana big data berkontribusi pada transportasi:

- a. Dalam perencanaan rute big data dapat digunakan untuk memahami dan menentukan kebutuhan pengguna pada rute yang berbeda dan dalam berbagai moda transportasi, lalu menggunakannya untuk mengurangi waktu tunggu. Big data mengumpulkan informasi seperti lokasi GPS, kamera lalu lintas, kondisi cuaca, lalu memberikan informasi yang sesuai seperti yang diminta oleh pengguna.

- b. Manajemen kemacetan dan pengendalian lalu lintas adalah bidang lain yang menarik bagi big data. Prakiraan kemacetan dan pola lalu lintas secara real-time dimungkinkan melalui big data. Misalnya, orang menggunakan Google Maps untuk menemukan rute yang paling sesuai.
- c. Menggunakan pemrosesan big data secara real-time dan analisis prediktif untuk mengidentifikasi area yang bergejolak menghasilkan pengurangan tingkat kecelakaan dan peningkatan keselamatan jalan dan lalu lintas.
- d. Big data juga menawarkan solusi yang menguntungkan untuk proses logistik dan manajemen rantai pasokan yang memberikan penghematan waktu dan uang yang besar berdasarkan pengoptimalan rute secara real-time, perencanaan jaringan strategis, perencanaan kapasitas operasional, peningkatan layanan, evaluasi risiko, verifikasi alamat, dan kontribusi kecerdasan lingkungan.

### **Perawatan Kesehatan**

Kemampuan untuk meningkatkan standar hidup, menyediakan latihan perawatan yang disesuaikan, dan menemukan perkembangan di bidang kedokteran, menjadikan industri perawatan kesehatan sebagai penerima manfaat ideal dari big data. Dalam perawatan kesehatan, tujuan penggunaan big data berbeda-beda. Para pengguna sektor ini menggunakan big data dengan cara yang lebih berpusat pada pasien, daripada menggunakannya dengan tujuan meningkatkan keuntungan atau menemukan peluang produk baru.

Dengan meluasnya penggunaan perangkat wearable dan teknologi IoT serta integrasi algoritma machine/deep learning, kontribusi big data terhadap sektor perawatan kesehatan diperkirakan akan jauh lebih besar. Berikut ini adalah beberapa cara menarik yang telah dilakukan industri perawatan kesehatan untuk memanfaatkan big data guna meningkatkan hasil bagi pasien:

- a. Big data meningkatkan hasil perawatan pasien karena membantu dokter dan profesional medis lainnya menjadi lebih efisien dan akurat dalam mendiagnosis dan menangani pasien. Dengan metode analisis data yang ditingkatkan yang disediakan big data, dokter dapat berharap menemukan solusi untuk menangani kondisi langka dan serius yang tampaknya tidak dapat disembuhkan karena penelitian dapat berlangsung lebih cepat.
- b. Banyak konsumen tertarik pada perangkat pintar yang merekam setiap langkah, detak jantung, dan kebiasaan tidur. Insomnia kronis dan peningkatan detak jantung dapat mengindikasikan risiko penyakit jantung di masa mendatang. Pasien terlibat langsung dalam memantau kesehatan mereka sendiri dan insentif dari perusahaan asuransi kesehatan dapat mendorong mereka untuk menjalani gaya hidup sehat. (Lebied, 12 Contoh Analisis Big Data dalam Layanan Kesehatan yang Dapat Menyelamatkan Orang.
- c. Dengan penggunaan big data yang efektif, kesalahan resep berkurang secara signifikan, hasil membaik, dan nyawa terselamatkan.
- d. Penggunaan catatan kesehatan elektronik merupakan area penggunaan big data yang paling umum dalam bidang kedokteran. Pasien memiliki catatan digital mereka sendiri

termasuk informasi seperti usia, jenis kelamin, anamnesis, alergi, hasil tes, dll. Semua catatan dibagikan melalui sistem informasi untuk pihak terkait.

### **Pendidikan**

Industri pendidikan mengalirkan sejumlah besar data yang terkait dengan siswa, fakultas, kursus, hasil, dan sebagainya. Pakar lapangan telah mulai memanfaatkan big data di semua tahap proses pendidikan seperti:

- a. Big data membantu lembaga pendidikan memahami persyaratan khusus siswa dengan menyinkronkan metode pembelajaran konvensional dan daring. Hal ini memungkinkan pendidik melacak kemajuan siswa dan mengatur ulang proses belajar-mengajar mereka.
- b. Berdasarkan lingkungan dan jadwal belajar yang dipersonalisasi dan dinamis, siswa dapat ditingkatkan menggunakan data yang dikumpulkan tentang riwayat belajar masing-masing. Hal ini meningkatkan hasil keseluruhan. Peningkatan baru dalam sistem penilaian juga telah disajikan sebagai hasil dari analisis data siswa yang tepat.
- c. Analisis yang tepat dari setiap catatan siswa memberikan wawasan yang jelas tentang kinerja, kekuatan, kelemahan, bidang minat, dll. setiap siswa. Ini juga membantu dalam perencanaan karier siswa dalam waktu dekat. Aplikasi big data yang disesuaikan memberikan solusi untuk salah satu masalah terbesar dalam sistem pendidikan; perspektif satu ukuran untuk semua.

### **Ritel**

Sektor ritel sangat bergantung pada pengumpulan data internal dan eksternal. Agar berhasil, peritel harus memiliki kemampuan untuk mengekstrak informasi yang tepat dari pengumpulan data waktu nyata. Di dunia digital yang sangat terhubung saat ini, kita semua memiliki jejak digital dan hampir semua yang kita lakukan secara daring dapat dilacak, diukur, dan digunakan untuk memprediksi tren konsumen.

Peritel - baik daring maupun luring - mengadopsi strategi data-first untuk memahami perilaku pembelian pelanggan mereka, menghubungkan mereka dengan produk, dan meluncurkan strategi untuk meningkatkan keuntungan. Big data menawarkan informasi yang luas tentang target pasar dan mengubah filosofi dunia ritel secara mencolok. Kini, hal ini diterapkan di setiap tahap proses ritel sebagai berikut:

- a. Banyak pengecer terutama yang memiliki banyak lokasi mengalami kendala dalam manajemen inventaris. Pengorganisasian kebutuhan setiap toko merupakan tugas yang rumit dan tanpa data, hal ini merupakan pertaruhan. Untuk mengatasi masalah tersebut, pengecer menggunakan analisis prediktif. Manajemen inventaris berbasis data mempertimbangkan banyak faktor termasuk inventaris terkini, kebutuhan mendatang, aktivitas promosi, strategi harga, dan lainnya.
- b. Dalam dukungan prediksi tren dari analisis big data, pengecer akhir-akhir ini memiliki banyak alat yang tersedia bagi mereka untuk menentukan item wajib dimiliki musim ini, apa pun kategori produknya. Algoritme peramalan tren memindai unggahan media sosial dan perilaku penelusuran web untuk mengetahui apa yang menyebabkan kegembiraan dan data pembelian dianalisis untuk melihat kampanye pemasaran apa

yang akan diluncurkan. Merek dan pemasar tertarik pada analisis sentimen, menggunakan berbagai algoritme pembelajaran mesin untuk menentukan konteks saat suatu produk dibahas, dan data terkait digunakan untuk memprediksi produk terlaris dalam suatu kategori.

- c. Demikian pula, pembuatan rekomendasi atau analisis keranjang belanja berdasarkan riwayat pembelian pelanggan dan perkiraan permintaan yang melibatkan data demografi dan indikator ekonomi membangun gambaran yang jelas tentang kebiasaan belanja pasar terkait.
- d. Penggunaan lain big data dalam industri ritel adalah pengoptimalan harga. Harga tidak boleh terlalu rendah sehingga pengecer merugi, tetapi tidak terlalu tinggi sehingga pelanggan membatalkan pembelian. Analisis harga prediktif dengan mempertimbangkan harga produk, minat konsumen, inventaris, harga pesaing, dan margin untuk mengoptimalkan harga setiap produk.
- e. Dimungkinkan juga untuk menilai pelanggan dengan dukungan analisis big data. Semua pelanggan berharga, tetapi beberapa lebih berharga daripada yang lain. Big data memberikan ide tentang perilaku pelanggan dan pola pengeluaran untuk mengidentifikasi pelanggan yang paling berharga. Setelah mengetahui siapa mereka, tim pemasaran dapat menargetkan mereka dengan penawaran khusus dan strategi yang dipersonalisasi.

### **Manufaktur**

Sebagian besar perusahaan manufaktur industri memiliki proses manufaktur yang kompleks, sering kali dengan hubungan yang kompleks di seluruh rantai pasokan dengan pengecer dan pemasok. Inti dari proses ini adalah mereka menghasilkan sejumlah besar data. Banyak organisasi manufaktur mencari cara untuk memanfaatkan data yang dihasilkan, untuk meningkatkan kualitas manufaktur mereka, mengurangi biaya mereka dengan meningkatkan kemampuan pelacakan dan peramalan cacat untuk mengoptimalkan rantai pasokan, sehingga menghasilkan efisiensi secara keseluruhan. Beberapa cakupan big data dalam industri manufaktur diteliti di bawah ini.

- a. Dengan memanfaatkan solusi big data, pengoptimalan produksi dan peningkatan efisiensi dapat dicapai. Log mesin berisi data tentang kinerja aset. IoT juga menambahkan dimensi baru dengan perangkat dan sensor yang terhubung. Data ini berpotensi memiliki nilai yang besar bagi produsen.
- b. Dalam industri manufaktur yang padat komoditas, kegagalan peralatan dan pemeliharaan berkala merupakan tugas rutin. Big data membantu memprediksi kegagalan peralatan. Dengan data ini, produsen dapat memaksimalkan waktu pengoperasian peralatan dan menyediakan perawatan dengan biaya yang lebih efektif.
- c. Kualitas produk yang berkelanjutan merupakan isu inti bagi produsen. Sebagian besar produsen telah memiliki data yang dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas produk dan mengurangi biaya. Big data dapat digunakan untuk tujuan ini. Penghematan yang signifikan dapat dilakukan dengan analitik prediktif. Salah satu proses yang paling mahal dalam industri manufaktur adalah pengujian kualitas. Jumlah pengujian yang

diperlukan dapat dikurangi secara signifikan dengan penggunaan pengenalan pola dan analitik prediktif untuk menentukan jumlah dan jenis pengujian yang memang diperlukan, alih-alih mencoba semua pengujian pada semua item.

- d. Karena menjadi proses mahal lainnya yang diakibatkan oleh kesalahan kecil dalam tahap produksi, biaya garansi dan penarikan kembali dapat dengan mudah menjadi tidak terkendali. Dengan dukungan big data, masalah garansi/penarikan kembali dapat dihindari atau diramalkan, yang menghasilkan penghematan uang dalam jumlah yang signifikan.

### **Telekomunikasi**

Perusahaan telekomunikasi menyediakan peralatan jaringan seperti router, switch, dan gateway untuk jaringan kabel dan nirkabel. Peralatan tersebut digunakan oleh operator untuk menyediakan layanan panggilan suara, teks, data internet, TV, konferensi video, musik, dll. Peralatan ini, yang memerlukan solusi big data untuk menghitung dan memberikan kapasitas pengelolaan, menghasilkan banyak data.

Dengan evolusi dramatis semua perangkat seluler pintar, penyedia layanan komunikasi perlu memproses, menyimpan, dan menyimpulkan wawasan dari volume data tersebut di seluruh jaringan dengan cepat. Analisis big data membantu mereka meningkatkan profitabilitas dengan mengoptimalkan layanan, pengalaman pelanggan, dan masalah keamanan.

- a. Pertama, deteksi penipuan merupakan aktivitas penting di mana analisis big data digunakan secara intensif untuk industri telekomunikasi, seperti untuk beberapa industri lainnya. Kasus penipuan yang paling umum dalam industri ini adalah akses ilegal, masalah otorisasi, profil palsu, kloning, masalah perilaku, dan lainnya.
- b. Aktivitas penting lainnya adalah pengoptimalan jaringan dan analisis prediktif. Untuk memaksimalkan pendapatan mereka dan mengelola lalu lintas yang tidak teratur, perusahaan telekomunikasi secara ketat merencanakan kapasitas jaringan mereka secara teratur. Untuk mengembangkan perencanaan kapasitas, mereka mengumpulkan data, melakukan analisis data lalu lintas, dan memperkirakan penggunaan yang menghasilkan hasil yang efisien dengan memanfaatkan analisis data besar.
- c. Mendapatkan pelanggan baru adalah tugas yang menantang. Retensi pelanggan juga membutuhkan banyak upaya. Platform data pintar memungkinkan penanganan segera masalah terkait kepuasan dan pencegahan churn.
- d. Dengan integrasi teknologi IoT, perusahaan telekomunikasi menemukan peluang untuk pengayaan peristiwa yang masuk, deteksi anomali, korelasi semua peristiwa dan tindakan eksekutif.

### **Layanan Pemerintah**

Sektor publik semakin menyadari nilai potensial dari inovasi yang didorong oleh big data melalui kemajuan dalam produktivitas dan efisiensi. Pemerintah menghasilkan dan memperoleh data dalam jumlah besar melalui berbagai aktivitasnya, seperti pengumpulan pajak, pembayaran gaji, atau proses jaminan sosial.

- a. Dengan perangkat big data, pemerintah dapat meminimalkan penipuan pajak dan jaminan sosial. Algoritme yang digunakan untuk deteksi pola cocok untuk mengetahui transaksi mencurigakan secara real-time.
- b. Selain deteksi penipuan, pemerintah dapat menggunakan analitik big data untuk melawan kejahatan lainnya. Big data memberikan penilaian risiko yang lebih jelas, kemudahan menemukan informasi yang lebih baik, kerja sama yang baik di seluruh kantor, kesadaran akan potensi intelijen kriminal dan kriminalitas, serta jalur penyelidikan baru.
- c. IoT memainkan peran penting dalam penggunaan big data di sektor pemerintah. Misalnya, data dari sensor lalu lintas dapat dipetakan ke waktu dan metrik lainnya untuk menentukan pola lalu lintas sebagai bagian dari perencanaan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas. Pemerintah dan lembaga ilmiah juga menggunakan telemetri satelit dan sensor cuaca untuk melacak pola cuaca dan menilai pemanasan global. Sektor publik telah memanfaatkan aplikasi yang diukur dengan sensor untuk beberapa fenomena fisik seperti polusi lingkungan, tingkat penggunaan tempat sampah, lokasi kendaraan kota atau deteksi perilaku yang tidak biasa; serta volume lalu lintas selama beberapa waktu.

Setelah membahas tujuan utama penggunaan big data untuk beberapa industri, ada baiknya menceritakan aplikasi big data di kehidupan nyata dari berbagai sektor, mulai dari telekomunikasi hingga energi.

## **8.5 APLIKASI BIG DATA DI KEHIDUPAN NYATA**

### **Airbnb**

Airbnb menghadirkan berbagai peluang akomodasi bagi para pelancong di 34.000 kota di seluruh dunia sejak tahun 2008. Bisnis inti perusahaan; yang memiliki lebih dari 1,5 juta catatan dan 50 juta pengunjung; adalah mempertemukan sejumlah besar tamu dengan para penyedia akomodasi. Sebagai strategi analisis data besar, mereka memfokuskan perhatian mereka pada pendaftaran penghuni baru di sekitar lokasi populer atau mengoptimalkan harga untuk penggunaan jaringan real estat global selama musim pasang surut melalui data yang dikumpulkan dari komentar daring. Selain itu, berkat Aerosolve®, platform pembelajaran mesin yang dikembangkan oleh tim data Airbnb; para penghuni dapat menentukan harga terbaik untuk layanan mereka.

Platform ini menganalisis foto-foto yang dikirimkan oleh para tuan rumah seperti catatan dengan foto kamar tidur yang nyaman lebih disukai daripada yang berisi foto ruang tamu yang bergaya dan secara otomatis membagi kota-kota menjadi lingkungan mikro. Berkat Airpal, aplikasi lain yang mudah digunakan, tidak hanya berorientasi pada analisis data; semua karyawan memiliki akses dan menggunakan informasi perusahaan secara efektif. Sebagai reaksi terhadap praktik data tersebut, baik orang teknis maupun nonteknis dalam organisasi ingin memeriksa analitik data sebelum membuat keputusan.

### **Amazon**

Jika bukan penciptanya, sebagai pengguna algoritme rekomendasi terberat, Amazon dapat disebut sebagai praktisi analitik big data paling efektif. Pada tahun 2003, yang merupakan masa awal teknologinya, mereka menggunakan metode kesamaan dari penyaringan kolaboratif. Sejak saat itu Amazon semakin mengembangkan mesin rekomendasinya dan kini mereka menyempurnakannya. Amazon juga menggunakan big data untuk memantau, melacak, dan mengamankan 1,5 miliar barangnya di toko ritelnya yang beroperasi di seluruh dunia. Amazon menghasilkan miliaran dolar dan secara dramatis meningkatkan jumlah pelanggannya setiap tahun melalui analitik big data yang berfokus pada profil pelanggan.

### **Apixio**

Apixio, perusahaan IT yang berbasis di California, didirikan pada tahun 2009 dengan visi mengekstraksi informasi klinis dari catatan medis digital dan membuatnya dapat diakses untuk meningkatkan pengambilan keputusan perawatan kesehatan.

Menyadari fakta bahwa masalah terbesar dalam analisis data di sektor kesehatan adalah data yang tidak terstruktur (dari catatan tulisan tangan dokter hingga catatan jaminan sosial) dan tidak menjangkau data. Organisasi tersebut membuat kesimpulan yang berharga berdasarkan pasien dan penyakit dengan menggunakan berbagai instrumen mulai dari teknologi Pengenalan Karakter Optik (OCR) hingga algoritma pembelajaran mesin. Praktik semacam itu menghasilkan berbagai hasil mulai dari pengurangan biaya hingga diagnosis yang tepat dan keputusan yang tepat.

### **Apple**

Raksasa teknologi Apple secara resmi merupakan merek paling berharga di dunia. Dikenal karena desain produk ikonik dan antarmuka yang mudah digunakan, perusahaan tersebut telah mengambil langkah besar untuk menjadi perusahaan big data dalam beberapa tahun terakhir. Suara yang diterima melalui Siri, yang telah digunakan selama bertahun-tahun, dibandingkan dengan jutaan suara lain menggunakan metode analisis big data berbasis cloud untuk mengoptimalkan kemampuan sistem dalam mengenali pola audio. Selain itu, melalui kerja sama perusahaan dengan IBM, kini pengguna iPhone dan Apple Watch dapat berbagi data kesehatan secara real-time dengan pusat data atau organisasi perawatan kesehatan terkait.

### **CERN**

Ilmuwan dari seluruh dunia sejak tahun 2008 telah menggunakan akselerator partikel terbesar dan terkuat di dunia; Large Hadron Collider (LHC), untuk menciptakan kondisi yang mirip dengan Big Bang dan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang alam semesta kita. Sensor LHC merekam ratusan juta tabrakan antarpartikel, beberapa di antaranya menghasilkan 99,9% kecepatan cahaya saat berakselerasi di sekitar collider. Jelas, ini menghasilkan sejumlah besar data - hanya LHC yang menghasilkan sekitar 30 petabyte informasi per tahun.

Dengan menggunakan alat keandalan dan simulasi yang dibangun ke dalam platform Oracle Big Data Discovery, Tim Openlab CERN dapat mengaitkan kondisi kerusakan yang

terkait dengan konsumsi listrik, konversi daya, penggunaan air, dan kriogenik. CERN dapat menentukan kombinasi investasi mana dalam infrastruktur dan sistem teknis yang akan menghasilkan hasil yang paling bermanfaat bagi penelitian fisika.

### **Facebook**

Strategi bisnis utama Facebook adalah memahami siapa penggunanya dan menampilkan iklan yang disesuaikan di linimasa pengguna Facebook dengan memahami perilaku, minat, dan lokasi geografis mereka. Facebook mengumpulkan data dalam jumlah yang sangat banyak. Meskipun tidak dapat menjual data secara langsung, Facebook dapat menjual hasil penelitiannya kepada para pemangku kepentingan asalkan data tersebut bersifat anonim. Yang lebih penting, dalam kasus ini, platform periklanan Facebook sendiri memungkinkan para pemasar untuk memaksimalkan aktivitas kampanye mereka secara tidak langsung dengan menggunakan analisis big data.

Fitur inovatif Facebook lainnya adalah fungsi pengenalan wajah. Alat yang digunakan untuk pengenalan wajah adalah DeepFace, aplikasi pembelajaran mendalam yang belajar dengan mengenali wajah orang-orang dalam foto. Ini adalah alat pengenalan gambar yang canggih karena dapat mengenali apakah seseorang dalam dua foto yang berbeda adalah orang yang sama. Dalam beberapa tahun terakhir, Facebook telah mengakuisisi Instagram dan WhatsApp serta mengembangkan sumber datanya.

### **Tim Lotus F1**

Kecepatan adalah salah satu karakteristik yang mendefinisikan big data, dan ada beberapa bidang yang kecepatannya lebih penting daripada olahraga bermotor. Di semua kategori olahraga bermotor, tim dan penyelenggara balapan menggunakan strategi yang lebih canggih dan berbasis data daripada sebelumnya. Formula 1 selalu menggunakan teknologi paling canggih. Telemeter telah digunakan sejak tahun 1980-an untuk mengirimkan data langsung dari mobil ke tim teknis jalur pit.

Oleh karena itu, analisis data sangat penting untuk bidang ini. Nest adalah perusahaan yang menjadi berita utama dengan hadirnya teknologi rumah pintar. Produk-produk seperti termostat pintar, detektor asap, kamera keamanan, ada di ribuan rumah. Pada tahun 2013, perusahaan ini dibeli oleh Google. Termostat Nest memantau perilaku pengguna dan mempelajari strategi yang paling efisien untuk menjaga rumah pada suhu yang optimal. Untuk menjalankan strategi yang efektif, sistem menggunakan data yang benar dengan algoritma yang berlaku.

Menurut laporan Nest, rata-rata produk menghemat 10% hingga 12% untuk pemanasan dan 15% untuk pendinginan pada tahun 2016. Netflix Saat ini Netflix adalah penyedia layanan media dan perusahaan produksi dengan lebih dari 150 juta pelanggan yang menonton lebih dari 150 juta jam program TV dan film di lebih dari 190 negara setiap hari. Intinya, tur singkat melalui halaman-halaman Netflix; khususnya lowongan pekerjaan, jelas terlihat betapa mereka mementingkan data dan analisis data.

Dari analisis personalisasi hingga analisis pesan, dari analisis konten hingga analisis perangkat, hampir setiap langkah diambil dengan mempertimbangkan data (Netflix, 2019). Meskipun big data digunakan secara luas dalam semua aktivitas Netflix, bisnis intinya adalah

memprediksi apa yang akan dinikmati pelanggan. Infrastruktur terpenting dari sistem rekomendasi adalah analisis big data. Penayangan cerita House of Cards di Netflix juga merupakan hasil dari analisis big data.

Netflix mengambil tindakan untuk mendapatkan hak siar serial tersebut ketika pusat data menyimpulkan dari data pelanggan, yang menunjukkan bahwa konten yang disutradarai oleh David Fincher dan diperankan oleh Kevin Spacey mendapat pujian tinggi.

Perusahaan meningkatkan jumlah pelanggan setiap tahun melalui konten blockbuster berdasarkan analisis data yang diproduksi secara terus-menerus, seperti House of Cards, Narcos, dan Orange is the New Black.

### **Royal Bank of Scotland**

Baru-baru ini, Royal Bank of Scotland; salah satu bisnis yang menyadari pentingnya analisis data; mengumumkan investasi sebesar Rp. 15 Triliyun dalam teknologi analisis data dan menamai inisiatif pertamanya personologi yang menekankan fokus pada pelanggan daripada produk keuangan. Setelah itu, konsep tersebut diadopsi sebagai filosofi bisnis untuk manajemen terintegrasi yang sangat personal di seluruh organisasi. Pendekatan ini telah menghasilkan peningkatan signifikan dalam respons dan keterlibatan nasabah bank.

### **Spotify**

Spotify, penyedia musik berdasarkan permintaan terbesar, menggunakan big data, algoritma pembelajaran buatan dan mesin untuk memberikan pengalaman musik yang dipersonalisasi. Mereka meluncurkan alat analisis streaming musik pertama, yang juga dikenal sebagai Publishing Analytics. Ia menyediakan perusahaan penyiaran musik dengan statistik siaran harian untuk rekaman seperti data penulis lagu dan berapa banyak album yang telah mereka jual sejak album pertama mereka. Spotify menawarkan daftar putar yang dirancang secara algoritmik, termasuk musik yang sudah diketahui pengguna dan musik yang tidak akan diketahui pengguna. Karena Spotify memiliki banyak data tentang kebiasaan mendengarkan pengguna, Spotify juga dapat membuat daftar putar berdasarkan kondisi cuaca yang berbeda.

### **Twitter**

Twitter, yang diumumkan sebagai platform blog mikro pada tahun 2006, telah menjadi salah satu jejaring sosial yang paling banyak digunakan saat ini. Twitter memberikan wawasan tentang hubungan orang-orang satu sama lain, pandangan politik mereka, apa yang mereka beli, tempat mereka makan; singkatnya, hampir setiap aspek kehidupan mereka. Platform ini seperti tambang emas bagi mereka yang tahu cara memanfaatkannya. Pada tahun 2014, Twitter membentuk kemitraan global dengan IBM dan hal ini mengacu pada pengalaman luas mereka dalam analisis data; untuk memanfaatkan tambang emas tersebut secara lebih efektif. Singkatnya, IBM menciptakan nilai dari data yang dikumpulkan Twitter saat pengguna mencuit, ratusan ribu cuitan dikirim ke IBM untuk analisis waktu nyata menggunakan API Firehose. Perusahaan lain memiliki akses ke data Twitter yang digunakan untuk mendapatkan wawasan berbasis data mereka sendiri melalui perangkat IBM.

### **Uber**

Seluruh model bisnis Uber didasarkan pada prinsip kerja data besar. Seseorang yang memiliki mobil dan ingin membantu seseorang yang ingin pergi ke suatu tempat menawarkan

bantuan. Uber mencatat dan melacak data untuk setiap perjalanan penggunanya dan menggunakan informasi ini untuk mengidentifikasi permintaan, mengalokasikan sumber daya, dan menentukan biaya.

Uber memiliki basis data pengemudi yang besar di semua kota tempatnya beroperasi, sehingga saat penumpang meminta kendaraan, ia dapat langsung mencocokkannya dengan pengemudi terdekat. Mereka telah mengembangkan algoritme mereka sendiri yang melacak kondisi lalu lintas dan waktu tempuh secara waktu nyata. Dengan demikian, harga dapat disesuaikan jika terjadi perubahan permintaan kendaraan atau jika perjalanan memakan waktu lebih lama karena kondisi lalu lintas.

Perusahaan tersebut juga mengajukan paten untuk metode penetapan harga berbasis data besar ini, yang disebut Surge Pricing. Berkat layanan Uber Pool milik perusahaan, pengguna dapat berbagi biaya perjalanan dengan menemukan orang-orang yang melakukan perjalanan serupa pada waktu yang sama. Uber memiliki data sebagai inti dari setiap bisnis yang dijalankannya. Kasus Uber menunjukkan pengembangan jangka panjang dari model bisnis berbasis data, bukan hasil jangka pendek.

### **UPS**

Mungkin proyek riset operasi terluas di dunia; ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation) diumumkan oleh UPS; yang menganalisis data waktu nyata yang berasal dari kendaraan armada, termasuk arah, kecepatan, kinerja sistem penggerak, dll. untuk mengonfigurasi ulang penjemputan dan pengantaran pengemudi dan akhirnya mengoptimalkan rute jaringan transportasi yang sangat besar. Perusahaan tersebut juga mengerjakan proyek yang sama untuk mengoptimalkan efisiensi penerbangan pesawat mereka.

Mengelola kekuatan ekonomi terdepan di dunia dan lebih dari 300 juta penduduk tidak diragukan lagi membutuhkan usaha dan sumber daya yang sangat besar. Pemerintah federal bertanggung jawab atas hampir semua hal dalam kehidupan warga negara; termasuk keamanan nasional, keamanan ekonomi, kesehatan, penegakan hukum, pencegahan bencana, produksi pangan, pendidikan. The Washington Post menyebut Barack Obama sebagai Presiden Big Data, yang menginvestasikan Rp. 2 Triliyun dalam analisis dan keamanan data untuk menyediakan data sebanyak mungkin kepada publik.

Selama periode ini, pemerintah AS memulai beberapa strategi berbasis data di sejumlah departemen dan bagian, yang masing-masing terkait dengan area tanggung jawabnya. Karena pendidikan semakin banyak dilakukan secara daring, lembaga yang bertanggung jawab untuk menentukan kebijakan pendidikan dapat memperoleh lebih banyak wawasan tentang bagaimana penduduk belajar dan menilai tingkat pendidikan dan keterampilan di antara orang-orang di wilayah geografis tertentu. Semua ini memungkinkan perencanaan dan alokasi sumber daya yang lebih efisien.

Analisis media sosial di bidang perawatan kesehatan digunakan oleh Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (CDC) untuk memantau penyebaran wabah dan ancaman kesehatan masyarakat lainnya. Selain itu, Kementerian Pertanian menyediakan

penelitian dan analisis ilmiah tentang pertanian dan produksi pangan berdasarkan data besar yang dikumpulkan di ladang dan peternakan.

Melalui catatan genetik, penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi sapi jantan; yang membuahi sapi betina yang paling produktif; menghasilkan peningkatan signifikan dalam produksi susu di seluruh negeri. Serupa dengan itu, CIA menggunakan algoritma data prediktif dalam pekerjaannya untuk melawan terorisme internasional dan domestik serta penipuan keuangan.

### **Tim Balap Sepeda Wanita**

Analisis olahraga dan data sangat erat kaitannya. Sky Christopherson, juara balap sepeda di kategori usia 35+, bekerja sama dengan Tim Balap Sepeda Wanita AS 2012. Dengan menggunakan berbagai teknik pengumpulan dan pemantauan data tingkat lanjut, Christopherson mencatat semua area yang memengaruhi performa atlet, termasuk pola makan, pola tidur, lingkungan, dan intensitas latihan. Dengan cara ini, pola yang terkait dengan performa atlet ditentukan dan pengaturan yang diperlukan dibuat dalam program latihan.

Analisis yang disebut Zona Optimal Individu menghasilkan hasil yang sangat menarik. Misalnya, ketika pesepeda Jenny Reed tidur pada suhu rendah pada malam sebelumnya, diketahui bahwa ia tampil jauh lebih baik dalam latihan dan diberi tempat tidur berpendingin air untuk menjaga suhu tubuhnya pada malam hari. Berkat intervensi yang dipersonalisasi, tim tersebut memenangkan medali perak di Olimpiade.

### **Walmart**

Sebagai pengecer terbesar di dunia; dengan lebih dari 2 juta karyawan dan 20 ribu toko di 28 negara; tidak mengherankan bahwa Walmart telah memahami nilai analisis data. Analisis data, yang menganalisis data secara keseluruhan sebelum Badai Sandy melanda Amerika Serikat pada tahun 2004, menemukan wawasan yang tidak terduga.

Cuaca buruk yang diperkirakan menyebabkan peningkatan penjualan Pop Tart stroberi di beberapa lokasi serta penjualan senter dan peralatan darurat. Sejak itu, pada tahun 2015 Walmart telah memperluas departemen data besar dan analitiknya, menciptakan cloud data pribadi terbesar di dunia untuk menyediakan 2,5 petabyte pemrosesan data per jam. Walmart menggabungkan semua data dan pekerjaan ritel di Data Café-nya. Ini adalah tempat di mana tim pedagang dan pemimpin bisnis melihat semua data secara real time dan menghasilkan solusi real time.

Ini dipandang sebagai kunci untuk meningkatkan kinerja perusahaan. Waktu rata-rata antara deteksi dan penyelesaian masalah berkurang dari sekitar dua hingga tiga minggu menjadi sekitar 20 menit berkat sistem Walmart Data Café. Inisiatif lainnya adalah Walmart Social Genome Project, yang melacak wawancara publik di media sosial dan mencoba memprediksi produk mana yang akan dibeli orang berdasarkan percakapan ini.

### **Xbox**

Industri game memanfaatkan big data untuk menarik pelanggan, menghasilkan lebih banyak uang dari iklan, dan mengoptimalkan pengalaman bermain game. Microsoft dan Xbox Live Platform menggunakan algoritma yang disebut TrueSkill, yang memperluas sistem Elo

Rating ke lebih banyak pemain untuk pertandingan game yang lebih baik. TrueSkill telah digunakan untuk memberi peringkat dan mencocokkan pemain dalam banyak game yang berbeda, dari Halo 3 hingga Forza Motorsport 7.

### **Ringkasan**

Di dunia saat ini, yang terus berkembang dan terbentuk, teknologi terus menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan. Penggunaan internet yang meluas dan peningkatan eksponensial dalam jumlah perangkat yang terhubung telah menyebabkan terciptanya dunia lain di luar dunia tempat kita tinggal. Dunia kedua ini, yang disebut dunia digital, telah terjalin dengan kehidupan nyata dari hari ke hari. Dengan dunia digital, proses digitalisasi telah menghasilkan data yang sangat besar.

Salah satu konsep terpenting yang dibawa dunia digital ke dalam kehidupan kita dalam beberapa tahun terakhir, terutama dengan Industri 4.0, adalah big data. Mempertimbangkan dan menerapkan analisis big data di banyak industri menghasilkan peningkatan kemampuan efisiensi dan pengambilan keputusan. Alasan utama mengapa big data menjadi begitu penting dan ditekankan adalah pemahaman tentang pentingnya data yang dibuat selama praktik yang disebarkan melalui penggunaan internet dan teknologi serupa, serta layanan yang disediakan dan diberikan oleh berbagai negara, komunitas, dan lembaga.

Organisasi-organisasi ini telah menyadari bahwa dengan memproses big data, mereka dapat menghasilkan informasi yang dapat memberikan manfaat besar. Akibatnya, investasi besar dilakukan dalam big data. Bersama dengan big data, perubahan besar telah terjadi tidak hanya di bidang teknologi, tetapi juga dalam pemikiran dan persepsi kita, metode penelitian, dan banyak bidang lainnya. Lembaga, organisasi, dan individu tidak dapat dikecualikan dari perubahan ini. Bab ini menekankan konsep big data dan karakteristiknya, merujuk pada studi yang dilakukan di akademi, menyebutkan area penggunaan berdasarkan sektor, dan memberikan contoh aplikasi di dunia nyata berdasarkan perusahaan. Banyak aspek lain, terutama masa depan dan hasil penggunaan big data, dapat dan akan dibahas di akademi dan industri dalam jangka pendek.

## **BAB 9**

# **BIG DATA UNTUK PERLINDUNGAN DATA PRIBADI DAN PERSAINGAN USAHA**

Untuk mempertahankan keberadaan mereka di pasar, para pengakuisisi data pribadi harus memperoleh, menyimpan, dan memproses data pribadi dari sumber-sumber yang menyediakan data seperti berbagi media sosial, catatan belanja, dan jaringan sensor. Di sisi lain, masalah kesesuaian orang-orang nyata dan badan hukum yang data pribadinya diproses dalam kerangka hukum data pribadi menimbulkan banyak masalah hukum dan memerlukan penelitian yang mendalam daripada pemeriksaan yang terbatas. Fakta bahwa sejumlah kecil perusahaan menciptakan kekuatan dominan dengan menggunakan big data dalam strategi pasar telah menyebabkan perusahaan atau pasar bergantung pada data.

Karena dampak yang ditimbulkan big data di pasar, ada kebutuhan untuk mengatasi banyak masalah di bidang hukum persaingan usaha serta dimensi privasi dan hak-hak pribadi. Dalam konteks ini, konflik kepentingan antara kepentingan ekonomi yang diciptakan oleh big data dan prinsip hukum data pribadi akan dibahas dan dibandingkan dengan hukum Turki dan praktik hukum asing dengan membahas hubungan antara big data dan hukum persaingan.

### **9.1 PENDAHULUAN**

Pada bulan September 2018, Otoritas Persaingan meluncurkan penyelidikan terhadap Google atas dugaan penyalahgunaan posisi dominan Google di pasar layanan pencarian umum dengan mengajukan layanan pencarian lokalnya untuk mengecualikan pesaingnya. Sengketa yang terjadi di pusat data besar yang termasuk dalam lingkup bidang hukum persaingan dengan melampaui bidang hukum data pribadi mencerminkan bahwa big data tidak hanya terkait dengan masalah kerahasiaan dan keamanan data pribadi, tetapi merupakan masalah yang dapat menyangkut semua bidang hukum.

Big data telah dievaluasi dan dibahas dalam lingkup hukum data pribadi, karena dampaknya yang paling terkait privasi dapat dirasakan secara langsung hingga saat ini. Namun, big data, yang tercermin dalam semua bidang kehidupan, telah menjadi objek persaingan dan minyak baru zaman ini. Sangat penting bagi pasar inovatif tentang bagaimana big data dievaluasi dalam kerangka hukum persaingan. Situs web dengan alamat [sahibinden.com](http://sahibinden.com), yang mengecualikan pesaing dari pasar dengan memanfaatkan efek jaringan di pasar, dikenakan denda sebesar 10.680.425,98 TL oleh Otoritas Persaingan pada tahun 2018 atas dasar praktik harga yang berlebihan.

Dengan cara ini, perlu untuk menentukan apakah big data, yang juga menarik perhatian otoritas persaingan, menyebabkan posisi dominan di pasar dan bagaimana penyalahgunaan posisi dominan muncul di era digital. Terlepas dari lokasi kantor pusat suatu perusahaan, teori dampak yang berarti bahwa tindakan perusahaan dapat diselidiki jika mengarah pada pembatasan persaingan yang berdampak pada pasar negara tersebut, juga

diadopsi oleh Otoritas Persaingan Federal Jerman Bundeskartellamt. Dengan demikian, Bundeskartellamt menganggap dirinya kompeten untuk menyelidiki apakah tindakan perusahaan mengakibatkan pembatasan persaingan yang berdampak pada pasar Jerman, terlepas dari lokasi kantor pusat perusahaan.

Bundeskartellamt telah mengakui dirinya kompeten sebagai dasar teori dampak dalam investigasi Facebook, yang merupakan tinjauan otoritas persaingan pertama terhadap otoritas pesaing di Eropa terkait dengan proses data pribadi dan penyalahgunaan posisi dominan. Sebagai hasil dari peninjauan tersebut, ia melarang kebijakan pemrosesan data Facebook di Jerman dan memutuskan bahwa Facebook harus menyusun kebijakan data dan kukunya dalam waktu dua belas bulan. Berdasarkan Hukum Turki, teori dampak diadopsi oleh Pasal 2 Undang-Undang tentang Perlindungan Persaingan Usaha bernomor 4054, transaksi dan praktik yang membatasi persaingan antara semua jenis perusahaan yang memengaruhi pasar barang dan jasa Republik Turki termasuk dalam cakupan penyelidikan Otoritas Persaingan Usaha.

Dalam bab ini, awalnya pengertian big data telah didefinisikan dan komponen-komponen big data telah disebutkan. Kemudian, aplikasi big data telah dievaluasi dalam lingkup hukum data pribadi dan alasan kepatuhan terhadap hukum telah diperkenalkan dalam pemrosesan data. Dalam bab terakhir, telah ditetapkan bagaimana big data akan dievaluasi berdasarkan hukum persaingan bersama dengan keputusan otoritas persaingan, dan seperti apa peraturan yang akan diperlukan sehubungan dengan big data berdasarkan undang-undang dan praktik dan ini telah dievaluasi.

## 9.2 PENGERTIAN BIG DATA

Pengertian big data pertama kali digunakan oleh peneliti NASA Micheal Cox dan David Ellsworth dalam sebuah artikel berjudul “Application Controlled Demand Paging for Out-of-Core Visualization” pada tahun 1997. Dalam artikel tersebut disebutkan bahwa terdapat kumpulan data yang cukup besar untuk memenuhi memori sistem komputer dan disk eksternal, yang disebut Big Data. Gagasan big data dalam bidang ekonomi pertama kali disinggung oleh Francis X.

Diabold dengan penelitian berjudul “Big Data Dynamic Factor Models for Macroeconomic Measurement and Forecasting” pada Kongres Dunia Kedelapan Masyarakat Ekonometrik dan big data disebut sebagai fakta yang harus dimanfaatkan dalam banyak bidang ilmiah. Pada tahun-tahun berikutnya, minat terhadap gagasan big data meningkat dan telah menjadi istilah yang sering dibahas di majalah-majalah populer seperti Financial Times dan Economist.

Meskipun gagasan big data telah digunakan dalam beberapa tahun terakhir, setiap pengguna internet telah menciptakan big data tanpa menyadarinya sejak hari-hari pertama penggunaan internet. Kita dapat memperkirakan seberapa besar data yang telah dicapai saat ini dengan definisi Kirk Bourne berikut: Total data yang tercatat sejak awal sejarah manusia hingga tahun 2003 diperkirakan sekitar lima miliar gigabyte. Pada awal tahun 2011, jumlah data ini dihasilkan setiap dua hari dan pada tahun 2013 setiap 10 menit.

Lebih jauh, tidak hanya ukuran data tetapi juga kualitas data telah berubah seiring waktu. Schönberger dan Cukier (2013) menyatakan bahwa tidak ada definisi pasti tentang big data yang tumbuh dengan cepat dan tidak teratur. Dengan mendasarkan pada definisi Manyika et al. (2011), seseorang dapat mendefinisikan big data sebagai kumpulan data besar yang tidak dapat disimpan atau diproses oleh teknik basis data konvensional, atau melebihi kapasitas teknik basis data konvensional untuk melakukannya.

Fakta big data mendefinisikan data yang tidak dapat diproses dengan teknik penyimpanan data konvensional, sedangkan sebagai proses mengacu pada fase pemrosesan big data dengan metode dan sistem baru dan menarik kesimpulan darinya. Oleh karena itu, mendefinisikan big data hanya sebagai data yang tidak dapat diproses dengan metode konvensional tidaklah cukup. Big data memberikan hasil yang tidak dapat diperoleh dengan metode klasik dan merupakan jalan pintas yang berguna dari algoritma dan interpretasi data pribadi yang tidak sah dan tidak masuk akal dengan sendirinya.

Saat ini, analisis volume data yang semakin besar yang diperoleh dari banyak perangkat sekarang, yang sekarang dikumpulkan dalam skala besar, mengarah pada prediksi banyak informasi tentang kehidupan kita. Misalnya, dengan aplikasi big data, perkiraan yang akurat dan analisis biaya harga dapat dibuat dalam pemasaran. Lebih jauh, produk baru ditawarkan dengan menganalisis kebiasaan belanja pelanggan dan peluang kerja baru diciptakan dengan menggunakan layanan kepadatan lalu lintas. Lebih jauh lagi, aplikasi big data juga digunakan dalam politik di luar sektor swasta.

Selama pemilihan presiden Amerika Serikat pada tahun 2012, banyak pemilih dijangkau melalui aplikasi big data dan program pemilihan yang tepat dibentuk dengan menganalisis data yang diperoleh dari berbagai sumber. Situasi yang sama diamati dalam pemilihan presiden Amerika Serikat pada tahun 2016, data yang dikumpulkan oleh Facebook digunakan oleh Cambridge Analytica dalam kampanye dan iklan pemilihan. Gagasan tentang big data telah menjadi bagian dari kehidupan di banyak bidang mulai dari bidang kesehatan hingga keuangan, sistem keamanan di media sosial, asuransi dan kebijakan.

### **9.3 ANALISIS DAN KOMPONEN BIG DATA**

Dalam lingkungan digital, setiap detik individu membuat data melalui aplikasi media sosial, ponsel, catatan belanja, sensor, perangkat yang sensitif terhadap lokasi, transaksi kartu kredit, perdagangan elektronik, dan platform serupa. Data ini dikumpulkan dan disimpan oleh mesin pencari, situs media sosial, atau penyedia yang berbeda. Big data, yang dihasilkan sebagai hasil dari pengumpulan dan penyimpanan, berisi berbagai kelompok data seperti informasi kunjungan, pergerakan kursor, log jaringan, rekaman kamera, video, dan informasi log panggilan serta informasi lokasi yang diperoleh dari operator, dengan menggabungkan berbagai kelompok dan kategori data.

Data yang diperoleh dari orang dan objek memberikan informasi tentang kebutuhan, keinginan, dan pergerakan daring orang, dan sebagai konsekuensi dari analisis ini, diperoleh hasil yang berguna dan belum dicapai dengan metode klasik hingga saat ini. Misalnya, peta yang mencerminkan situasi lalu lintas dan aplikasi yang menyarankan rute alternatif dihasilkan

melalui data yang dikumpulkan dari perangkat pengguna dan banyak kendaraan yang menyediakan data oleh aplikasi Yandex. Beberapa sumber menggunakan konsep 5V sebagai ganti 3V dengan menggabungkan komponen kebenaran dan nilai sebagai tambahan pada 3V yang mendefinisikan fakta big data.

Volume Data merupakan salah satu karakteristik dan masalah penting big data yang kita hadapi. Volume data mengacu pada gravitasi dan ukuran data, yang merupakan salah satu faktor terpenting yang kita sebut sebagai big data. Agar suatu data dapat dianggap sebagai big data, pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data harus melampaui kapasitas teknik analisis data konvensional. Saat ini, data cerdas, layanan cloud, sensor, dan robot menghasilkan data berkelanjutan dari produksi hingga konsumsi di setiap tahap rantai pasokan. Lebih jauh lagi, fakta bahwa objek berkomunikasi satu sama lain dan membangun jaringan di antara mereka mengungkapkan konsep "Internet of Things".

Dengan demikian, tidak hanya orang tetapi juga objek telah menjadi penghasil data. Dalam studi berjudul "Digital Universe Study" yang disiapkan oleh IDC (International Data Corporation), disebutkan bahwa jumlah data yang akan dicapai pada tahun 2020 akan menjadi 44 kali volume data yang diproduksi pada tahun 2009 dan volume data tahunan akan mencapai 35 zetabyte. Kecepatan Data mengacu pada analisis data real-time yang diperoleh pada kecepatan variabel. Pengumpulan data yang cepat memungkinkan tindakan cepat di banyak tempat.

Misalnya, pengumpul data dapat memprediksi bahwa ada epidemi influenza di suatu wilayah jika pengguna di wilayah tersebut mencari gejala dan pengobatan untuk influenza melalui mesin pencari. Terutama situs e-commerce yang sangat mementingkan kecepatan data. Situs e-commerce yang mengikuti produk yang diklik pelanggan di situs tersebut juga dapat menawarkan produk tambahan yang terkait dengan produk yang dicari. Dengan metode yang dikenal sebagai cross-selling ini, perusahaan daring mengambil langkah maju dalam pasar persaingan.

Keragaman Data, berasal dari perbedaan struktur big data. Tidak seperti masa lalu, data tidak hanya terdiri dari data terstruktur, tetapi juga data tidak terstruktur. Fakta bahwa data tidak terstruktur dan dikumpulkan secara tidak teratur dalam berbagai jenis data membuatnya berbeda dari teknik pengumpulan data konvensional. Melalui big data, data tidak terstruktur dari berbagai jenis dan sumber dikumpulkan alih-alih mengumpulkan data yang berorientasi pada tujuan dan tersaring.

Misalnya, pengguna media sosial dapat menghasilkan berbagai macam data tentang diri mereka sendiri dengan membagikan kiriman dalam berbagai bentuk seperti audio, video, gambar, dan teks. Data ini dikumpulkan tanpa penyaringan untuk tujuan apa pun. Pengumpul data, yang bertujuan untuk menjangkau data sebanyak volume, serta berbagai data, kompeten dalam kebutuhan dan permintaan pengguna dengan berbagai data dan dengan demikian mengembangkan dan mengadaptasi aktivitas perdagangan. Kebenaran data, mengacu pada keakuratan dan keandalan sumber data dan hasil analisis.

Selain itu, penggunaan data di tempat yang akurat dari hasil analisis juga termasuk dalam lingkup keaslian data. Ketika kebenaran data dievaluasi dalam lingkup makna ini,

komponen ini merupakan komponen yang paling sulit disediakan di antara komponen big data karena volume data yang besar dan beragamnya volume data. Tidak diketahui sejauh mana data yang muncul dalam big data akurat. Dalam teknik pengumpulan data konvensional, data dikumpulkan oleh para profesional dengan mengejar suatu tujuan, namun dalam big data, data dikumpulkan secara acak dan tidak teratur.

Dengan cara ini, kualitas dan keandalan data yang dianalisis berkurang. Jika keandalan data berkurang, hal itu memengaruhi nilai data dan dapat menyebabkan strategi yang salah. Nilai Data, merupakan komponen paling krusial dari big data dan juga merupakan elemen paling kritis dalam hal hukum persaingan. Analisis big data telah menjadikan big data sebagai minyak baru di zaman kita. Data saja tidak berarti dan tidak berharga, penggunaan dan analisis data menjadikan data bernilai. Saat ini, strategi dalam persaingan pasar, peluang bisnis baru, dan kebijakan pemerintah dibentuk dengan menganalisis data dalam jumlah besar.

Selama merupakan produk dengan nilai data, hal itu dapat meningkatkan daya saing dan efisiensi dalam perekonomian. Dalam proses digitalisasi ini, di mana proses penghapusan data lebih mahal daripada perekaman, penyimpanan dan analisis data dengan menggunakan algoritma cerdas meningkatkan proses dan hasil organisasi serta membantu individu untuk membedakan kebijakan dan produk mereka dari pesaing mereka seperti yang diberikan dalam contoh-contoh yang disebutkan di atas.

Algoritma membuat prediksi tentang kebutuhan dan tuntutan orang-orang yang berorientasi ke masa depan dengan data yang disajikan kepada mereka. Algoritma ini memungkinkan perusahaan untuk menanggapi permintaan lebih cepat dan lebih hemat biaya daripada metode konvensional. Misalnya, kebiasaan belanja pelanggan dan perubahan kebiasaan ini dipantau dan berbagai strategi pasar dikembangkan. Ini menciptakan profil perilaku berdasarkan pembelian dan perilaku spesifik individu dan dengan demikian produk baru ditawarkan.

Amazon menyatakan bahwa sekitar sepertiga dari penjualannya dan Netflix menyatakan bahwa tiga perempat preferensi penggunaanya terwujud sebagai hasil dari rekomendasi ini. Manfaat yang diberikan oleh analisis data besar bervariasi dari satu sektor ke sektor lainnya dan umumnya memberikan kontribusi signifikan terhadap proses perusahaan dalam hal pengambilan keputusan, pengembangan pasar, dan prakiraan pasar.

#### **9.4 PERATURAN TENTANG PERLINDUNGAN DATA PRIBADI**

Peningkatan bertahap aktivitas seperti pengumpulan, analisis, penyimpanan data sebagai sumber nilai, menjadikannya sebagai subjek perjanjian yang disepakati dengan pihak ketiga atau mengubahnya untuk tujuan baru telah mulai menimbulkan kekhawatiran individu di dunia. Pengembangan kemampuan untuk menarik kesimpulan yang berarti dengan kumpulan data besar membenarkan kekhawatiran ini dan memengaruhi peraturan hukum yang ada. Pendekatan dan aturan sosial juga mencerminkan perubahan dengan efek yang sama karena dunia cenderung mendapatkan manfaat dari data besar.

Karena, ketentuan dalam peraturan hukum tidak dapat mencegah risiko yang disebabkan oleh era data besar secara memadai. Kenneth Cukier (2014), salah satu pelopor

big data, menyatakan bahwa tantangan utama di era small data adalah kerahasiaan, sedangkan di era big data adalah perlindungan kehendak bebas, pilihan moral, dan diri manusia. Dalam konteks ini, perlu dijabarkan bagaimana regulasi yang ada di dunia memberikan perlindungan terhadap big data.

Dasar hukum mengenai perlindungan data pribadi dalam hukum Turki ditetapkan pada tahun 2010 dengan amandemen Konstitusi dan landasan hukumnya diberikan oleh Undang-Undang tentang Perlindungan Data Pribadi bernomor 6698, yang mulai berlaku pada tanggal 7 April 2016. Hak atas perlindungan data pribadi dimasukkan dalam Pasal 20 Konstitusi melalui referendum yang diadakan pada tahun 2010. Ketentuan berikut ditambahkan ke artikel terkait melalui amandemen konstitusi: Setiap orang berhak meminta perlindungan data pribadinya.

Hak ini juga mencakup hak untuk mendapatkan informasi, akses, dan permintaan perbaikan atau penghapusan data pribadi, serta hak untuk mendapatkan informasi apakah data tersebut digunakan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Data pribadi hanya dapat diproses dalam kasus yang ditetapkan oleh undang-undang atau atas persetujuan tegas dari orang tersebut. Prinsip dan prosedur mengenai perlindungan data pribadi ditetapkan dalam undang-undang.

Hak atas perlindungan data pribadi yang dijamin oleh Konstitusi mencakup hak untuk mendapatkan informasi, perbaikan, akses, dan penghapusan, serta hak untuk mendapatkan informasi apakah data tersebut digunakan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Hak yang diterima sebagai salah satu jenis hak kepribadian ini bertujuan untuk melindungi individu dari bahaya yang timbul akibat pemrosesan data.

Mahkamah Konstitusi menekankan dalam putusannya pada tanggal 9 April 2014 bahwa data pribadi hanya boleh dibatasi oleh undang-undang, dan menyatakan sebagai berikut: "Hak atas perlindungan data pribadi, sebagai bentuk khusus dari hak atas perlindungan martabat manusia individu dan hak atas pengembangan kepribadian seseorang secara bebas, bertujuan untuk melindungi hak dan kebebasan individu selama pemrosesan data pribadi"; dan menyatakan bahwa data pribadi harus dilindungi lebih dari sebelumnya karena "faktor-faktor seperti risiko yang disebabkan oleh elemen sektor swasta lebih luas dan penting, sebagai akibat dari fakta bahwa data pribadi menjadi aset berharga bagi perusahaan komersial, dan kegiatan organisasi teroris dan kriminal untuk menyita data pribadi meningkat".

Undang-undang bernomor 6698 yang disebutkan dalam Pasal 20 Konstitusi mulai berlaku setelah diumumkan dalam Lembaran Negara pada tanggal 24 Maret 2016, sebagai hasil dari penelitian selama lima belas tahun. Tujuan dari Undang-undang tersebut adalah "untuk melindungi hak-hak dasar dan kebebasan manusia, khususnya hak atas privasi, sehubungan dengan pemrosesan data pribadi dan untuk menetapkan kewajiban, prinsip, dan prosedur yang mengikat orang atau badan hukum yang memproses data pribadi" (Pasal 1).

Setelah konvensi eropa tentang hak asasi manusia ditinjau, terlihat bahwa itu bukan ketentuan khusus mengenai perlindungan data pribadi dan tidak diatur sebagai hak yang berdiri sendiri. Setelah keputusan pengadilan hak asasi manusia eropa ditinjau, telah diamati bahwa data pribadi dilindungi dalam konteks ketentuan penghormatan terhadap kehidupan

pribadi dan keluarga berdasarkan pasal 8 ECHR (konvensi untuk perlindungan hak asasi manusia dan kebebasan fundamental). Dengan meningkatnya perkembangan teknologi sejak pertengahan 1980-an, perlindungan data pribadi telah dimasukkan dalam jaminan yang diberikan oleh konvensi hak asasi manusia Eropa.

Pengadilan hak asasi manusia Eropa telah menyatakan bahwa konvensi hak asasi manusia Eropa adalah instrumen yang hidup, yang harus ditafsirkan berdasarkan kondisi saat ini. Evaluasi pengadilan hak asasi manusia Eropa tentang konsep kehidupan pribadi memperjelas banyak diskusi. Telah dinyatakan dalam putusan pengadilan bahwa kehidupan pribadi tidak terbatas pada area rahasia, tetapi mencakup semua jenis informasi tentang individu.

Dengan demikian, tidak hanya video pribadi, foto individu, tetapi juga foto dan videonya di ruang publik dilindungi berdasarkan konvensi Eropa tentang hak asasi manusia. Pengadilan hak asasi manusia Eropa, ketika memutuskan apakah hak atas perlindungan data pribadi telah dilanggar, mempertimbangkan isu-isu seperti izin seseorang dan persetujuan selanjutnya, berapa lama data disimpan, apakah tujuan yang sah dinyatakan secara eksplisit dan ketentuan perekaman.

Meskipun pengadilan hak asasi manusia Eropa telah membuat evaluasi yang lebih baik mengenai perlindungan data pribadi melalui keputusannya, masih ada kontroversi khususnya mengenai apakah pengadilan tersebut memberikan jaminan yang cukup terhadap pemrosesan data pribadi yang terus meningkat di sektor swasta dan aktivitas yang menjadikannya objek yang kompetitif. Di Uni Eropa, peraturan tentang perlindungan data pribadi telah ditetapkan dengan arahan dan proses tersebut dimulai dengan arahan bernomor 95/46/EC. Arahan tentang perlindungan individu terkait pemrosesan data pribadi dan tentang pergerakan bebas data tersebut dan dilanjutkan dengan arahan bernomor 2002/58/EC.

Peraturan Perlindungan Data Umum (GDPR) juga ditetapkan pada tahun 2016 dan mulai berlaku pada tanggal 25 Mei 2018, guna memastikan tingkat perlindungan data pribadi yang maksimal dan kontrol yang ketat atas data pribadi di Uni Eropa. Meskipun GDPR merupakan Peraturan Uni Eropa, dampaknya sering kali melampaui negara-negara anggota. Dimulainya penggunaan data dalam kegiatan ekonomi dan perkembangan teknologi seperti komputasi awan telah menciptakan kebutuhan akan perubahan dalam kerangka regulasi.

GDPR muncul dari kebutuhan untuk memperbarui aturan perlindungan data di Uni Eropa, dan aturan yang mengatur pergerakan bebas dan pemrosesan data pribadi. Arahan tersebut mengatur cara negara-negara Uni Eropa harus bertindak dalam hal perlindungan data pribadi, sementara GDPR berisi aturan yang harus diterapkan langsung ke negara-negara anggota. Undang-undang yang relevan memiliki berbagai tanggung jawab, termasuk tanggung jawab orang untuk memproses data pribadi, hukuman, tindakan hukum, tindakan dalam transfer data antar negara dan otoritas pengawas.

Uni Eropa telah mengadopsi pendekatan yang berkompromi terhadap perlindungan hak dan kebebasan individu serta manfaat data besar. Oleh karena itu, Turki meninggalkan sikap protektif berlebihan yang selama ini diterapkan terkait perlindungan data terhadap big

data dan mengambil langkah untuk mengadopsi regulasi yang mendukung sektor analisis data agar dapat memanfaatkan manfaat ekonomi dan sosial dari big data.

### **9.5 EVALUASI APLIKASI BIG DATA TENTANG PERLINDUNGAN DATA PRIBADI**

Undang-Undang tentang Perlindungan Data Pribadi membedakan antara data pribadi dan data pribadi yang bersifat khusus. Menurut Pasal 3 Undang-Undang tersebut, data pribadi dianggap sebagai semua jenis informasi yang berkaitan dengan orang yang nyata, yang dapat diidentifikasi atau dapat diidentifikasi. Dalam Pasal 6 Undang-Undang tersebut, disebutkan bahwa data pribadi yang bersifat khusus dianggap sebagai data yang berkaitan dengan ras, asal etnis, pendapat politik, keyakinan filosofis, agama, sekte atau kepercayaan lain, pakaian, keanggotaan dalam asosiasi, yayasan atau serikat pekerja, kesehatan, kehidupan seksual, keyakinan dan tindakan keamanan, dan data biometrik dan genetika seseorang. Dengan mempertimbangkan ruang lingkup ketentuan kedua pasal ini, dapat disebutkan bahwa pengertian data pribadi memiliki bidang praktik yang luas.

Karena Undang-Undang nomor 6698 tidak membuat perbedaan antara sektor publik dan swasta dalam hal praktik, peraturan dalam Undang-Undang tersebut akan diterapkan untuk kedua sektor tersebut. Undang-Undang tersebut mulai berlaku sesaat sebelum pemberlakuan GDPR oleh Parlemen Eropa. Dalam konteks ini, dapat dinyatakan bahwa Undang-Undang nomor 6698 sebagian kompatibel dengan GDPR dan berbeda dalam beberapa hal. Misalnya, hak yang mirip dengan hak untuk dilupakan, yang dikodifikasi dalam GDPR dan sangat penting dalam lingkup perlindungan data pribadi, belum diatur dalam Undang-Undang nomor 6698.

Hak individu untuk dilupakan, yang kami definisikan sebagai hak individu untuk memiliki kendali penuh atas data tentang diri mereka sendiri di mesin pencari, telah ditetapkan untuk pertama kalinya dalam peraturan hukum dengan GDPR. Hak untuk dilupakan memberikan hak kepada individu untuk menghapus dan mengendalikan data pribadi yang berkaitan dengan dirinya yang ditemukan di Internet. Meskipun Undang-Undang nomor 6698 memberikan hak untuk meminta penghapusan dan pemusnahan data pribadi, karena hak tersebut dapat dituntut setelah memenuhi beberapa persyaratan, tidak mungkin untuk menyatakan bahwa hak yang serupa dengan hak untuk dilupakan yang sepenuhnya diadopsi berdasarkan GDPR dimasukkan dalam Undang-Undang kami saja.

Namun, harus ditunjukkan bahwa langkah-langkah serius terkait hak tersebut telah diambil dalam hukum Turki dengan yurisprudensi. Bahasa Indonesia: Dalam putusan Majelis Umum Kamar Sipil Pengadilan Kasasi ingkatannya adalah YHGK dalam bahasa Turki. Telah dilakukan evaluasi terkait keadaan penggugat dalam lingkup hak untuk dilupakan dengan merujuk pada putusan Google dari Pengadilan Eropa. Keputusan pengadilan yang pertama kali secara eksplisit memasukkan pengertian hak untuk dilupakan adalah putusan Mahkamah Konstitusi pada tanggal 3 Maret 2016 atas permohonan perorangan bernomor 2013/5653.

Putusan Mahkamah Konstitusi tersebut, yang mengakui hak untuk dilupakan setelah pembaharuan Undang-Undang tentang Perlindungan Data Pribadi, yang mengatur hak untuk dilupakan secara eksplisit, merupakan yurisprudensi yang sangat penting di mana Turki telah

bergabung dengan Uni Eropa dalam hal aspek hukum dan juga berkenaan dengan perlindungan data pribadi. Big data berasal dari banyaknya data dan hasil-hasil baru dan berguna dihasilkan melalui analisis datanya. Dalam konteks ini, sementara pengumpulan dan pemrosesan data berlebih dalam big data merupakan suatu aturan, tidak memproses data pribadi sangat penting dalam Undang-Undang bernomor 6698. Pemrosesan data pribadi tunduk pada persetujuan individu dan alasan untuk mematuhi hukum.

Jika ada pengecualian dari pemrosesan data pribadi, ketentuan pengecualian akan menyebabkan perusahaan yang memproses data untuk mencoba dalam praktiknya untuk mendapatkan bidang aplikasi yang luas. Tidak mungkin untuk menyatakan bahwa pengumpulan dan pemrosesan data merupakan pengecualian di era teknologi ini di mana big data memiliki ukuran data yang sangat besar tentang individu bahkan yang tidak dapat mengingatnya. Oleh karena itu, perlu ditetapkan bagaimana aturan umum, larangan pemrosesan data pribadi, ditegakkan dan bagaimana pelanggaran aturan tersebut dikenai sanksi.

Dalam konteks ini, tidak akan cukup jika mengusulkan anonimisasi data sebagai solusi. Karena, meskipun data berskala besar dianonimkan, identitas individu dapat dengan mudah dideteksi dengan big data. Fakta bahwa penyediaan informasi pengguna hingga jutaan Netflix di internet dengan menganonimkan data ini dan penentuan identitas pengguna tersebut oleh para ahli data mendukung temuan ini. Ketentuan untuk pemrosesan data pribadi diatur dalam Pasal 5 Undang-Undang bernomor 6698. Dalam ketentuan tersebut, pemrosesan data pribadi tunduk pada persetujuan tegas dari orang yang bersangkutan dan alasan lain kepatuhan terhadap hukum diatur sebagai pengecualian.

## **9.6 PEMROSESAN DATA PRIBADI DAN ALASAN KEPATUHAN TERHADAP HUKUM**

### **Persetujuan Tersurat dari Pihak yang Berkepentingan**

Terdapat berbagai diskusi dalam doktrin untuk mengevaluasi alasan kepatuhan terhadap hukum pemrosesan data pribadi dalam aplikasi big data. Dalam doktrin tersebut, dikemukakan bahwa persetujuan tersurat tidak akan menjadi alasan kepatuhan terhadap hukum dalam aplikasi big data, karena sulit untuk menyediakan unsur-unsur yang seharusnya dimiliki persetujuan tersurat dalam aplikasi big data. Di sisi lain, meskipun model persetujuan konvensional tidak memadai dalam aplikasi data penawaran, mekanisme persetujuan telah dikembangkan secara berlebihan oleh industri dalam beberapa tahun terakhir.

Oleh karena itu, beberapa penulis telah menyatakan bahwa persetujuan tersurat dalam aplikasi big data merupakan alat perlindungan data dan merupakan alasan kepatuhan terhadap hukum. Persetujuan tegas yang didefinisikan dalam Pasal 3 Undang-Undang adalah persetujuan yang berkaitan dengan masalah tertentu, berdasarkan informasi dan dinyatakan dengan kehendak bebas. Undang-Undang menetapkan persyaratan persetujuan tegas dalam pemrosesan data pribadi umum dan data pribadi yang bersifat khusus. Undang-Undang memperkenalkan kondisi persetujuan yang berkaitan dengan masalah tertentu dan berdasarkan kehendak bebas yang diinformasikan.

Orang yang menyatakan persetujuan harus memiliki pengetahuan lengkap tentang tujuan pemrosesan data pribadinya (Pembenaran Undang-Undang bernomor 6698). Fakta bahwa kebijakan privasi tidak cukup jelas dalam aplikasi big data dan bahwa pengguna tidak tahu persis apa yang mereka berikan persetujuannya di lingkungan daring menimbulkan pertanyaan apakah mungkin untuk menyebutkan persetujuan tegas yang sah dalam aplikasi big data. Meskipun aplikasi big data memiliki struktur yang sangat kompleks yang berasal dari berbagai sumber, struktur ini tidak mengesampingkan perlunya mencari persetujuan tegas dari orang tersebut. Dalam praktiknya, perusahaan berupaya memperoleh persetujuan dengan formulir informasi yang panjang dan rumit yang disiapkan.

Dalam sebuah studi yang dilakukan di Amerika Serikat, disebutkan bahwa warga negara rata-rata memerlukan waktu 244 jam per tahun untuk membaca setiap formulir informasi terkait pemrosesan data pribadi di internet. Dalam keadaan seperti itu, pengguna mengonfirmasi formulir yang panjang dan rumit tanpa membacanya. Oleh karena itu, kebutuhan untuk memperoleh persetujuan secara bertahap merupakan salah satu pendekatan yang dipertahankan.

Oleh karena itu, alih-alih memperoleh persetujuan untuk semua aktivitas pemrosesan data dalam teks informasi, persetujuan terpisah harus dicari untuk setiap aktivitas pemrosesan data kecuali yang awalnya dimaksudkan. Persetujuan terkait pemrosesan data pribadi dalam aplikasi big data diberlakukan sebagai prasyarat untuk memanfaatkan banyak layanan dan utilitas. Fakta bahwa seseorang tidak akan dapat menggunakan aplikasi jika dia tidak menyetujui pemrosesan datanya merupakan hambatan untuk ekspresi persetujuan dengan kehendak bebas. Dalam aplikasi big data, prinsip terbatas pada tujuan yang terkait dengan prinsip persetujuan umumnya dilanggar.

Persetujuan yang diberikan oleh orang yang datanya pribadinya diproses terbatas pada tujuan yang ditentukan pada saat data dikumpulkan. Data pribadi yang diperoleh untuk tujuan tertentu hanya dapat diproses dengan relevan dengan, terbatas pada, dan proporsional dengan tujuan tersebut. Jika transaksi kedua berada di luar cakupan persetujuan yang diberikan di awal, persetujuan tegas dari individu harus diminta lagi.

#### **Data Pribadi Disediakan untuk Publik oleh Pihak Terkait**

Data pribadi kepada publik merupakan alasan untuk mematuhi hukum terkait pemrosesan Penyediaan data pribadi kepada publik oleh pihak terkait, dengan kata lain, pengungkapan data pribadi. Disepakati bahwa manfaat hukum, yang harus dilindungi dalam pemrosesan data yang disediakan untuk publik oleh pihak terkait dan dapat diakses oleh semua orang, dihilangkan.

Alasan kepatuhan terhadap hukum ini harus dipertimbangkan bersama dengan kepatuhan terhadap prinsip kejujuran dan prinsip relevansi dengan tujuan. Alasan penyediaan data pribadi kepada publik oleh pihak tersebut harus ditentukan secara akurat oleh pemroses data. Tidak selalu mudah untuk menentukan tujuan penyediaan data yang disediakan untuk publik bagi semua orang yang merupakan salah satu sumber terpenting untuk mengumpulkan data pribadi dalam hal aplikasi big data. Khususnya, perhatian harus diberikan pada kesulitan

dalam menentukan tujuan penyediaan data yang dipublikasikan di media sosial kepada semua orang.

Otoritas Perlindungan Data Pribadi menganggap data pribadi yang dipublikasikan oleh orang yang bersangkutan di akun media sosialnya sendiri sebagai penyediaan data pribadi yang dipublikasikan. Namun, agar evaluasi tersebut relevan, perlu untuk menentukan tujuan berbagi data pribadi yang dapat diakses oleh semua orang. Apakah berbagi publik di platform media sosial, salah satu sumber terpenting untuk aplikasi Big Data, harus dimasukkan dalam data pribadi yang dipublikasikan masih menjadi bahan perdebatan.

Bahasa Indonesia: Pada tahun 2014, Kamar Pidana ke-12 Pengadilan Kasasi telah mempertimbangkan bahwa pembagian foto profil, yang tersedia untuk semua orang, di Facebook adalah gambar ruang hidup pribadi pada tahun 2014. Namun, pada tahun 2017, Kamar Pidana yang sama telah mempertimbangkan bahwa pembagian foto profil, yang tersedia untuk semua orang, di Facebook adalah tidak sah karena kurangnya alasan untuk mematuhi hukum dan bahwa tindakan tersebut merupakan kejahatan.

Dalam arahan yang sama, Otoritas Perlindungan Data Inggris menyatakan bahwa aksesibilitas data pribadi bagi semua orang tidak berarti bahwa data yang disebutkan tersebut akan digunakan oleh siapa pun sesuai dengan tujuan apa pun. Penting untuk mengevaluasi penyediaan data publik, yang merupakan alasan untuk mematuhi hukum, dalam dua tahap dalam hal aktivitas pemrosesan data pribadi. Memperoleh data pribadi adalah aktivitas pemrosesan data pertama dari penyedia data besar. Melakukan operasi pada data yang diperoleh adalah aktivitas pemrosesan data kedua.

Meskipun mungkin untuk menerima bahwa data pribadi yang disediakan untuk semua orang oleh orang tersebut dapat diakses oleh orang lain, tidak mungkin untuk memasukkan transaksi yang dilakukan pada data yang diperoleh dalam pandangan ke depan orang tersebut. Oleh karena itu, bahkan jika kita menyebutkan tentang data pribadi yang dipublikasikan, alasan lain untuk kepatuhan terhadap hukum harus dicari untuk kegiatan pemrosesan data pada data yang diperoleh.

### **Mengenai Penutupan atau Pemenuhan Langsung Kontrak**

Situasi lain yang memungkinkan pemrosesan data pribadi tanpa meminta persetujuan tegas disebutkan dalam paragraf 2 Pasal 5 Undang-Undang Nomor 6698 sebagai berikut pemrosesan data pribadi milik para pihak dalam suatu kontrak, diperlukan sepanjang terkait langsung dengan penutupan atau pemenuhan kontrak tersebut. Pemrosesan data pribadi para pihak dalam kontrak merupakan alasan untuk mematuhi hukum, jika diperlukan untuk memperoleh manfaat yang diharapkan dari kontrak sesuai dengan asas proporsionalitas.

Namun, perlu disebutkan bahwa pemrosesan data pribadi yang bersifat khusus dalam lingkup penutupan atau pemenuhan kontrak tidak merupakan alasan untuk mematuhi hukum. Undang-Undang mengikat pemrosesan data pribadi yang bersifat khusus dengan persyaratan yang lebih ketat daripada persyaratan pemrosesan data pribadi umum. Agar data yang diproses untuk penyelesaian atau pemenuhan kontrak dapat menjadi alasan kepatuhan terhadap hukum, data tersebut harus relevan dengan penyelesaian atau pemenuhan kontrak, harus mematuhi hukum dan prinsip kejujuran.

Misalnya, meminta alamat dan informasi identifikasi untuk produk yang dibeli melalui kontrak penjualan jarak jauh dan memproses data ini untuk pengiriman barang akan dianggap sah. Namun, karena alamat pengiriman tidak diperlukan dalam kontrak penjualan tatap muka, permintaan alamat dalam lingkup kontrak yang disepakati antara pelanggan dan pemilik tidak merupakan alasan hukum dalam hal pemrosesan data. Aplikasi big data mengumpulkan data dalam kerangka hubungan kontrak tanpa tujuan penyelesaian dan pemenuhan kontrak dan menggunakannya untuk tujuan yang berbeda di luar lingkup kontrak. Dalam kasus seperti itu, tidak mungkin untuk menyebutkan tentang keberadaan alasan kepatuhan terhadap hukum. Data pribadi akan menjadi subjek pemrosesan data sesuai dengan tujuan yang dilakukan pada saat pengumpulannya.

### **Manfaat Luar Biasa bagi Pengendali Data**

Pada prinsipnya, larangan pemrosesan data pribadi telah menyebabkan penyedia data, yang memanfaatkan kemungkinan big data, untuk mengarahkan pada ketentuan luar biasa yang memungkinkan pemrosesan data pribadi. Ketentuan luar biasa lain yang memungkinkan pemrosesan data pribadi tanpa meminta persetujuan tegas adalah kepentingan sah pengendali data. Untuk dapat menyebutkan tentang kepentingan sah pengendali data dalam lingkup Undang-Undang nomor 6698, pengendali data harus memiliki kepentingan sah dalam hal konkret, pemrosesan data wajib dilakukan untuk kepentingan sah dan kepentingan pengendali data yang dilindungi tidak boleh melanggar hak-hak dasar dan kebebasan orang yang bersangkutan.

Karena pengecualian yang berdasarkan konsep kepentingan sah yang ditetapkan dalam Undang-Undang nomor 6698 merupakan konsep yang abstrak dan subjektif, maka pemrosesan data pribadi telah menjadi suatu asas dan perlindungan data pribadi telah menjadi suatu pengecualian. Keseimbangan kepentingan harus diupayakan antara hak-hak dasar dan kebebasan orang yang bersangkutan dan aktivitas pemrosesan data berdasarkan kepentingan yang sah dari pengendali data. Dengan kata lain, sejauh pemrosesan data pribadi mendekati hakikat hak-hak dasar dan kebebasan, orang yang memproses data harus memiliki kepentingan yang sah dalam pemrosesan data.

Misalnya, sebuah perusahaan dapat memproses data pribadi karyawannya untuk melakukan pembagian tugas dan kewajiban dalam fase restrukturisasi promosi dan kenaikan gaji karyawannya tanpa melanggar hak-hak dasar dan kebebasan mereka. Fakta bahwa restrukturisasi promosi dan kenaikan gaji perusahaan merupakan kepentingan yang sah dari pemilik perusahaan yang berstatus pengendali data. Perusahaan mengajukan aplikasi big data untuk tujuan pemasaran atau memastikan keamanan teknologi informasi. Pembentukan kepentingan yang sah dengan tujuan perusahaan saja tidak cukup, pada saat yang sama, mencapai kepentingan itu tanpa memproses data pribadi juga seharusnya tidak mungkin.

### **Prinsip Tanggung Jawab**

Prinsip dasar dalam perlindungan data pribadi memungkinkan orang yang bersangkutan untuk berpartisipasi dalam berbagai tahap pemrosesan data pribadi. Hak untuk memperoleh informasi mengenai apakah data pribadinya diproses atau tidak, hak untuk meminta penghapusan data pribadi, hak untuk meminta perbaikan data pribadi, hak untuk

menolak pemrosesan data pribadi dalam keadaan tertentu, dan hak untuk meminta kompensasi atas kerugian yang terjadi karena pemrosesan data pribadinya yang tidak sah memungkinkan individu untuk berpartisipasi dalam tahap pemrosesan data pribadi.

Pasal 12 Undang-Undang Nomor 6698 membebankan tanggung jawab kepada pengendali data untuk mengambil tindakan guna menyediakan tingkat keamanan yang memadai guna mencegah pemrosesan data pribadi yang tidak sah, mencegah akses yang tidak sah ke data pribadi, dan memastikan penyimpanan data pribadi. Tanggung jawab semacam itu serupa dengan lembaga tanggung jawab mutlak. Tidak mungkin untuk menerima bahwa mekanisme yang diatur dalam undang-undang adalah tanggung jawab berdasarkan kesalahan karena tidak mencari syarat kesalahan. Akan lebih tepat untuk berpendapat bahwa kewajiban untuk kompensasi adalah tanggung jawab karena sebab.

Karena diatur bahwa apabila syarat-syarat yang ditetapkan dalam Pasal 12 Undang-Undang tersebut terpenuhi, maka pengendali data tidak dapat dimintai pertanggungjawaban. Apabila terjadi kerugian dalam pemrosesan data pribadi, maka hal tersebut akan dianggap sebagai pelanggaran terhadap kewajiban yang ditetapkan dalam Pasal 12 Undang-Undang tersebut, namun pengendali data akan dibebaskan dari tanggung jawab apabila dapat membuktikan bahwa dirinya telah memenuhi kewajiban yang dinyatakan dalam pasal tersebut. Undang-Undang nomor 6698, yang mengacu pada Arahan nomor 95/46/EC, tidak memadai dalam hal-hal seperti rezim pertanggungjawaban pemroses data, denda administratif, dan pertimbangan kerahasiaan pada tahap desain.

Lebih jauh, mekanisme perlindungan yang diadopsi dalam Undang-Undang tersebut tidak memungkinkan untuk melakukan intervensi sebelum terjadinya kerugian. Orang-orang yang data pribadinya diproses dengan cara ini tidak terlibat dalam semua tahap kegiatan pemrosesan data pribadi. Dalam konteks ini, akan lebih mudah untuk membuat amandemen hukum atau menetapkan pengaturan legislatif sekunder terkait dengan poin-poin yang tidak memadai dalam hukum dengan mengambil peraturan GDPR sebagai acuan.

## **9.7 EVALUASI APLIKASI BIG DATA DALAM RUANG LINGKUP HUKUM PERSAINGAN**

### **Big Data dan Nilai Ekonomi**

Perusahaan telah menggunakan aplikasi big data selama bertahun-tahun untuk membentuk kebijakan harga, membuat analisis biaya harga, atau membuat prakiraan yang tepat di pasar. Sekarang perlu disebutkan bahwa big data bukan hanya subjek hukum data pribadi, tetapi juga merupakan subjek hukum persaingan secara langsung dalam konteks penyalahgunaan posisi dominan. Mungkin dimensi hukum persaingan big data dapat menjadi salah satu topik diskusi paling penting saat ini dan di masa mendatang. Sejak tahun 2014, Uni Eropa telah mulai mengevaluasi data yang dikumpulkan oleh perusahaan Facebook dalam hal hukum persaingan dan telah menjatuhkan berbagai sanksi pidana dalam lingkup ini.

Fakta bahwa big data memegang peranan penting dalam menentukan strategi pasar saat ini dan menjadi objek kompetitif baru yang mendorong perusahaan untuk bersaing dalam memperoleh big data dan beragam. Fakta bahwa big data sangat efektif dalam menentukan strategi pasar telah menghasilkan perusahaan dan pasar yang bergantung pada data.

Komisioner Persaingan Usaha Komisi Eropa 2014-2019 Martgrethe Vestager mendefinisikan data pribadi sebagai lebih dari sekadar data pribadi sebagai mata uang baru. Hal ini akan menyebabkan perusahaan membeli atau menyewa data dari mereka yang memiliki kumpulan data untuk berdiri di pasar.

Telah diamati dalam laporan Forbes 2015 bahwa sekitar 90% organisasi global berinvestasi dalam teknologi big data pada level menengah dan tinggi. Sebagian besar organisasi ini menyatakan bahwa big data memiliki dampak signifikan terhadap pendapatan. Mengantisipasi suatu aktivitas dan menentukan strategi yang sejalan dengan prakiraan merupakan faktor terpenting yang akan memungkinkan satu perusahaan untuk mengungguli perusahaan lain. Fakta bahwa tercapainya keberhasilan sebesar 30% dengan aplikasi big data yang digunakan oleh sistem rekomendasi penjualan buku Amazon dan opsi “orang yang mungkin Anda kenal” di LinkedIn mendukung masalah ini.

#### **Dimensi Hukum Persaingan Usaha Big Data**

Big data dan aplikasi berbasis algoritma yang menjadi objek hukum persaingan usaha merupakan pisau bermata dua, yang di satu sisi menghasilkan efisiensi ekonomi dan di sisi lain memungkinkan perusahaan untuk membangun keunggulan atas pesaingnya. Dengan kata lain, big data di satu sisi menghasilkan pasar yang kompetitif dengan merespons kebutuhan konsumen secara akurat dan cepat dan di sisi lain menyebabkan pasar dikelola oleh pemilik data dan membuat pesaing berada dalam posisi yang lemah terhadap pemilik data.

Dalam konteks ini, big data perlu dievaluasi dalam lingkup hukum persaingan usaha. Evaluasi ini dilakukan dalam kerangka perjanjian yang membatasi persaingan usaha, dan praktik bersama, pengendalian merger, dan penyalahgunaan posisi dominan, yang termasuk dalam lingkup hukum persaingan usaha, dan harus ditetapkan dengan sanksi dan metode hukum persaingan usaha yang berlaku.

#### **Perjanjian yang Membatasi Persaingan dan Praktik Terpadu**

Pasal 4 Undang-Undang tentang Perlindungan Persaingan melarang perjanjian dan praktik terpadu antara perusahaan yang mencegah, mendistorsi, atau membatasi persaingan. Sering kali, perusahaan bertindak bersama-sama dengan membentuk strategi bersama di pasar dan mengambil keputusan di antara mereka sendiri untuk membantu mereka memperoleh lebih banyak pendapatan dengan mencegah persaingan. Kolaborasi untuk mendistorsi persaingan dilakukan dengan berbagai cara di pasar tradisional dan inovatif. Perusahaan yang mendapatkan data besar dapat menggunakan algoritme, yang mereka gunakan untuk menetapkan harga atau meningkatkan kualitas layanan, untuk juga mendistorsi persaingan di pasar.

Kemampuan untuk membandingkan harga yang disediakan oleh data besar sangat memudahkan koordinasi pasar. Gugatan hukum, yang diperiksa oleh Departemen Kehakiman AS pada tahun 1990, mencerminkan bahwa kartel digital ada bahkan pada tahap di mana tidak ada data besar yang dihasilkan. Dalam penuntutan yang dilakukan oleh Departemen Kehakiman AS, telah ditetapkan bahwa beberapa perusahaan penerbangan AS telah membuat basis data yang berisi informasi tiket pesawat terperinci untuk menindaklanjuti dan

menganalisis perubahan harga yang cepat dan pengumuman tarif yang berulang untuk perjanjian kartel daring.

Perusahaan-perusahaan ini dituduh bereaksi terhadap permintaan dan perubahan harga lebih cepat daripada perusahaan lain, dengan perjanjian yang membatasi persaingan yang telah mereka buat, dan memperoleh lebih banyak keuntungan daripada perusahaan lain. Namun, tidak diketahui seperti apa evaluasi hukum yang dilakukan karena berkas tersebut ditutup oleh rekonsiliasi yang dilakukan oleh dan antara Departemen Kehakiman AS dan perusahaan penerbangan, setelah tiga tahun penyelidikan. Algoritma menyebabkan distorsi persaingan pasar dengan menghasilkan pembentukan kartel penetapan harga. Dalam konteks ini, perlu disepakati bahwa perjanjian yang membatasi persaingan dan praktik bersama, yang dibuat dengan menggunakan algoritma, membatasi persaingan baik berdasarkan hukum Uni Eropa maupun hukum Turki.

### **Penyalahgunaan Posisi Dominan**

Berdasarkan Pasal 102 Perjanjian tentang Fungsi Uni Eropa dan Pasal 6 Undang-Undang tentang Perlindungan Persaingan nomor 4054, penyalahgunaan posisi dominan dilarang untuk melindungi persaingan. Perlu ditentukan apakah menjadi pemilik data besar dianggap sebagai posisi dominan sehubungan dengan larangan tersebut. Selama evaluasi apakah menjadi pemilik data besar merupakan posisi dominan, kriteria yang diterima dalam menentukan posisi dominan harus dipertimbangkan. Kriteria yang paling umum digunakan adalah Pangsa pasar.

Dalam praktiknya, ada ambang batas pangsa pasar tertentu yang digunakan untuk menentukan posisi dominan dan menunjukkan bidang kegiatan suatu perusahaan di geografi atau pasar produk tertentu. Semua negara akan menentukan tingkat pangsa pasar yang seharusnya sesuai dengan struktur hukum dan ekonomi mereka. Dalam konteks data besar, tidak mungkin untuk menentukan posisi dominan dengan kriteria pangsa pasar. Alasan utamanya adalah kenyataan bahwa tidak mungkin mengukur volume big data terhadap produksi data yang mencapai hingga quintillion per menit.

Bahkan jika data diterima sebagai pasar yang berdiri sendiri, sulit untuk menentukan pangsa pasar perusahaan. Oleh karena itu, perlu meninjau berbagai kriteria dalam menentukan posisi dominan. Kriteria lain yang digunakan untuk menentukan posisi dominan adalah hambatan masuk pasar. Dalam lingkungan persaingan, perusahaan tidak akan menghadapi hambatan apa pun saat ingin memasuki pasar produk. Hambatan masuk seperti kekuatan teknologi, hak monopoli yang diberikan oleh hukum, dan kekuatan ekonomi dapat digunakan sebagai instrumen untuk menentukan posisi dominan.

Saat ini, perusahaan dengan big data seperti Amazon, Facebook, atau Google jumlahnya sedikit dan dapat mengumpulkan berbagai data dengan cepat dengan biaya yang sangat rendah. Terhadap peningkatan pesat jumlah pengguna karena dampak jaringan dari platform daring dengan jumlah pengguna yang tinggi, kegagalan perusahaan baru, yang memasuki pasar baru-baru ini, untuk memanfaatkan dampak jaringan dapat menyebabkan mereka kesulitan memasuki pasar. Perusahaan baru yang tidak dapat memperoleh big data dengan biaya rendah menghadapi biaya pembelian data.

Dengan kata lain, pengguna lebih menyukai perusahaan dengan massa pengguna yang sangat besar daripada perusahaan baru dengan sedikit pengguna. Akibatnya, harus ditunjukkan bahwa menjadi pemilik big data merupakan hambatan masuk dan menyebabkan posisi dominan dalam konteks ini. Setelah dipastikan bahwa big data menyebabkan posisi dominan di pasar, maka perlu dipastikan apakah posisi dominan tersebut disalahgunakan. Perilaku yang dianggap sebagai penyalahgunaan posisi dominan dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu perilaku eksklusivisme dan eksploitatif.

Perbedaan ini didasarkan pada kepada siapa tindakan penyalahgunaan tersebut ditujukan, sedangkan tindakan penyalahgunaan eksklusivisme didasarkan pada pesaing, dan tindakan penyalahgunaan eksploitatif didasarkan pada konsumen. Perlu juga disebutkan bahwa dalam doktrin tersebut, terdapat penulis yang membedakan penyalahgunaan posisi dominan menjadi tiga kategori dengan memasukkan penyalahgunaan diskriminatif dalam keadaan penyalahgunaan posisi dominan.

Berdasarkan Pasal 6 Undang-Undang tentang Perlindungan Persaingan Usaha bernomor 4054, penyalahgunaan posisi dominan yang eksploitatif dan eksklusivisme tercantum sebagai contoh. Sementara penyalahgunaan eksploitatif berdampak langsung pada kesejahteraan konsumen, penyalahgunaan pengecualian membatasi daya saing pesaing dengan cara yang melanggar hukum. Tujuan dari penyalahgunaan pengecualian adalah persaingan dan ditujukan untuk mengecualikan pesaing dari pasar dan mempersulit mereka untuk memasuki pasar.

Algoritma yang mampu memperkirakan permintaan pasar atau strategi pesaing dengan data yang disajikan kepadanya adalah hasil terpenting dari penggunaan big data. Algoritma ini dapat menciptakan kolaborasi antara pesaing atau menyebabkan tindakan pengecualian. Berdasarkan analisis big data, perusahaan yang menghasilkan posisi dominan dapat meramalkan pergerakan pasar dan dengan demikian memiliki kemampuan untuk mengubah harga pasar secara instan. Dengan demikian, ia dapat menyingkirkan pesaingnya dari pasar dengan menerapkan harga yang terus-menerus lebih rendah dibandingkan harga pesaingnya, tanpa terlibat dalam penerapan predatory pricing.

Dalam aplikasi big data, solvabilitas pembeli ditentukan oleh algoritma penetapan harga dan harga khusus pembeli ditentukan untuk setiap aplikasi. Harga tersebut ditentukan berdasarkan seberapa besar pembeli bersedia membayar untuk produk atau layanan dan dengan demikian harga yang berbeda berlaku untuk pembeli. Diskriminasi harga merupakan salah satu perilaku terlarang dalam lingkup penyalahgunaan posisi dominan baik dalam hukum Turki maupun hukum Uni Eropa.

Penerapan harga yang berbeda tanpa alasan yang dapat dibenarkan kepada pembeli yang berstatus setara dengan algoritma big data oleh perusahaan yang berada dalam posisi dominan akan dianggap sebagai pelanggaran dan posisi dominan tersebut dapat disalahgunakan oleh diskriminasi tersebut. Efek negatif dari aplikasi big data di pasar dapat dihilangkan dengan menghubungkannya dengan perilaku eksploitatif yang telah menyebabkan kesejahteraan konsumen.

Perilaku eksploitatif dapat menyebabkan hilangnya kesejahteraan di pasar tempat perusahaan berada dalam posisi dominan. Dalam konteks ini, inisiatif yang ditindaklanjuti oleh perusahaan melalui algoritma untuk menghukum efek negatif pemilik big data terhadap pelaku lain di pasar dapat dievaluasi dalam kesejahteraan konsumen. Dengan demikian, hukuman dapat dijatuhkan terhadap perilaku eksploitatif dan pelanggaran tersebut dapat dicegah.

### **Pengendalian Penggabungan dan Akuisisi**

Pengawasan penggabungan dalam hukum persaingan Turki diatur berdasarkan Pasal 7 Undang-Undang tentang Perlindungan Persaingan. Pasal 7 Undang-Undang tersebut melarang akuisisi dan penggabungan yang secara signifikan mendistorsi persaingan dengan menciptakan atau memperkuat posisi dominan. Undang-Undang tersebut tidak melarang perusahaan untuk menjadi posisi dominan dengan sumber daya mereka sendiri; penyalahgunaan posisi dominan dan penghalangan persaingan dengan menjadi posisi dominan melalui penggabungan dan akuisisi dinyatakan oleh Undang-Undang tersebut sebagai tindakan ilegal.

Dalam hukum persaingan Turki, penggabungan dan akuisisi tunduk pada izin dari Dewan Persaingan jika omzet pihak-pihak yang bertransaksi melebihi ambang batas tertentu. Penggabungan dan akuisisi yang tidak melampaui omzet yang ditentukan sesuai dengan Komunique Bernomor 2010/4 tidak tunduk pada otorisasi Dewan Persaingan Usaha, meskipun hal ini mengurangi persaingan. Harus dievaluasi apakah sistem ambang batas omzet efektif dalam pengawasan penggabungan usaha, mengikuti pembuatan big data.

Penggabungan usaha di mana perusahaan yang beroperasi di pasar digital, yang belum memiliki omzet atau memiliki omzet rendah, dibeli oleh perusahaan besar gagal diawasi oleh undang-undang penggabungan usaha. Dalam laporan Parlemen Eropa tertanggal 1 Maret 2018, telah dinyatakan bahwa ambang batas omzet tidak memadai di pasar digital dan kriteria seperti konsumen dan nilai transaksi yang akan terpengaruh oleh transaksi tersebut harus dimasukkan dalam pengawasan merger (Parlemen Eropa, Laporan tahunan tentang Kebijakan Persaingan UE. Khususnya, setelah merger WhatsApp/Facebook, gagasan menjadi eksplisit bahwa sistem ambang batas omzet tidak memberikan kontrol yang memadai atas pengawasan merger.

Transaksi akuisisi WhatsApp dengan 600 juta pengguna oleh Facebook, yang merupakan salah satu perusahaan paling terkemuka dalam konteks big data, telah diperiksa oleh Komisi Uni Eropa, sesuai dengan Pasal 4/5 Peraturan Penggabungan Uni Eropa. Dalam pemeriksaan tersebut, Komisi menetapkan bahwa akuisisi tersebut bukanlah transaksi yang menciptakan posisi dominan, memperkuat atau mendistorsi persaingan di pasar domestik dan memberikan otorisasi tanpa syarat. Komisi menyatakan bahwa kekhawatiran terkait dengan meningkatnya kepadatan data di bawah kendali Facebook pada tahun 2014 tidak tercakup dalam ruang lingkup aturan persaingan tetapi dalam ruang lingkup aturan perlindungan data.

Namun pada tahun 2017, Komisi memutuskan untuk mengenakan denda penalti sebesar EUR 110 juta dengan alasan bahwa Facebook melanggar janjinya yang diberikan untuk tidak membuat pasangan otomatis antara pengguna Messenger dan WhatsApp dan bahwa ia

memberikan informasi yang salah dan menyesatkan selama proses penggabungan. Dengan demikian, sementara Komisi Uni Eropa awalnya menilai bahwa aturan perlindungan data akan melindungi persaingan di pasar tempat data digunakan, ia menyadari seiring waktu bahwa aturan tersebut tidak cukup untuk melindungi persaingan dan mengevaluasi masalah tersebut dalam lingkup hukum persaingan.

Sebagaimana dinyatakan dalam keputusan tersebut, dinamika harga dan nilai dapat berubah secara konstan di pasar digital tempat big data menjadi objek pasar. Keadaan ini sekarang sedang diperiksa oleh otoritas hukum persaingan dan upaya sedang dilakukan untuk mematuhi pasar yang inovatif. Di sisi lain, saat membuat keputusan ini, perubahan signifikan telah dilakukan dalam Hukum Persaingan Jerman dalam lingkup big data. Selain kewajiban notifikasi transaksi berbasis omzet dalam transaksi merger dan akuisisi, amandemen tersebut juga memperkenalkan kewajiban notifikasi transaksi berdasarkan jumlah transaksi. Dengan demikian, amandemen yang dibuat pada tahun 2017 bertujuan untuk mencegah penggabungan yang berisi big data agar tidak jatuh di bawah ambang batas dengan menetapkan ambang batas transaksi baru dalam penggabungan dan akuisisi yang tunduk pada otorisasi.

### **Ringkasan**

Fakta bahwa pengumpulan data sebagai sumber yang berharga dalam lingkup aplikasi big data dan penyusunan kesimpulan yang berarti dengan menganalisis data tersebut telah menciptakan kebutuhan untuk mengidentifikasi risiko yang terlibat dalam aktivitas data pribadi dan mengevaluasinya dalam hal perlindungan data pribadi dan hukum persaingan. Peraturan hukum saat ini tidak cukup mencegah kekhawatiran dan risiko yang disebabkan oleh aplikasi big data.

Sangat sulit bagi peraturan yang disebutkan untuk didasarkan pada persetujuan, relevan dengan tujuan, terbatas pada dan proporsional dengan tujuan, yang merupakan prinsip-prinsip mendasar dalam lingkup hukum perlindungan data pribadi, di era big data. Undang-Undang Nomor 6698 ini menjadi bahan kritik dalam lingkup rezim pertanggungjawaban pemroses data, mekanisme perlindungan yang tidak memungkinkan untuk melakukan intervensi sebelum terjadinya kerugian dan jumlah denda yang rendah.

Oleh karena itu, perlu untuk menafsirkan peraturan saat ini, dalam lingkup GDPR yang merupakan karya terbaru tentang subjek tersebut, dan dalam prinsip-prinsip dasar hukum data pribadi, dan untuk menetapkan peraturan baru yang memiliki panduan kuat dalam hal-hal yang diperlukan. Dalam konteks ini, pertanggungjawaban yang dinyatakan dalam Undang-Undang Nomor 6698 akan dialihkan dari individu ke pemroses data seperti dalam hukum Uni Eropa.

Daripada memperoleh persetujuan dengan formulir informasi jangka panjang, yang merupakan kontradiksi dengan prinsip kejujuran, persetujuan tersebut akan diperoleh dengan memberikan informasi secara bertahap, dan dalam hal penggunaan data kedua, orang yang bersangkutan akan diberitahu kembali dan persetujuannya akan diperoleh lagi. Dengan cara ini, mereka yang data pribadinya diproses dapat diikutsertakan dalam semua tahap kegiatan

pemrosesan data. Meskipun hak individu untuk dilupakan, yang memberi mereka hak untuk mengendalikan data mereka sendiri di mesin pencari dan sangat penting, termasuk dalam yurisprudensi hukum kita, tetapi belum ada peraturan yang dibuat terkait hak tersebut dalam lingkup hukum.

Oleh karena itu, mengatur hak untuk dilupakan dalam Undang-Undang nomor 6698 akan memberikan kontribusi yang besar. Untuk melindungi data pribadi secara efektif terhadap big data, daripada menetapkan peraturan yang ketat dan terperinci, pengaturan yang mempertimbangkan perkembangan teknologi dan menjaga keseimbangan antara kepentingan yang saling bertentangan harus dibuat. Penerapan pendekatan yang berorientasi pada data murni tanpa melakukan evaluasi risiko akan mengakibatkan peningkatan ilegal dalam aplikasi big data. Fakta bahwa perusahaan memanfaatkan big data untuk membentuk kebijakan harga, membuat analisis biaya harga, dan membuat prediksi yang sehat di pasar mencerminkan bahwa big data bukan hanya subjek hukum data pribadi, tetapi juga merupakan subjek hukum persaingan dalam konteks penyalahgunaan posisi dominan.

Sementara perusahaan yang memiliki big data, dengan cepat meningkatkan jumlah penggunaannya dengan dampak jaringan, perusahaan baru yang memasuki pasar mengalami kesulitan untuk memasuki pasar atau menghadapi biaya pembelian data. Dengan demikian, menjadi pemilik big data merupakan hambatan masuk dan karenanya menciptakan posisi dominan. Perusahaan yang berada dalam posisi dominan dapat meramalkan pergerakan pasar dengan algoritme dan dengan demikian menyingkirkan pesaing mereka dari pasar tanpa terlibat dalam penerapan harga predator.

Selain itu, dengan menggunakan algoritme, posisi dominan dapat disalahgunakan dengan menerapkan harga yang berbeda kepada pembeli yang berstatus setara. Dengan demikian, penyedia big data dapat menyalahgunakan posisi dominan baik melalui perilaku eksklusif maupun perilaku eksploitatif yang merugikan kesejahteraan konsumen pasar. Daripada menetapkan ambang batas omzet tertentu dalam pengawasan merger dan akuisisi yang mendistorsi persaingan, nilai ambang batas transaksi baru, yang baru-baru ini diadopsi dalam Undang-Undang Persaingan Jerman dan mencegah konsentrasi big data jatuh di bawah ambang batas, harus diperkenalkan.

Fakta bahwa investigasi yang diprakarsai oleh Otoritas Persaingan Usaha Turki terhadap Google pada tahun 2018 juga mencerminkan bahwa peraturan data pribadi berdasarkan Hukum Turki tidak lagi dianggap cukup untuk mengatur persaingan pasar. Perkembangan ini mencerminkan bahwa big data juga akan menjadi subjek pemeriksaan dan pengawasan yang ketat dalam konteks hukum persaingan usaha dan akan membawa inovasi penting dalam hukum persaingan usaha Turki.

## **BAB 10**

### **PEMILIHAN PORTOFOLIO PROYEK TEKNOLOGI DALAM INDUSTRI 4.0**

Transformasi Industri 4.0 menciptakan dinamika yang berubah dalam bisnis dan menjadi konsep yang sangat penting yang memerlukan dukungan manajemen puncak untuk proyek dan investasi. Sebagai hasil dari proses transformasi, Industri 4.0 mengembangkan sistem yang lebih produktif dan berkelanjutan, dan perusahaan telah mencari adaptasi yang tepat dari transformasi ini. Untuk berhasil dalam transisi Industri 4.0 ini, pengambilan keputusan mengenai pemilihan proyek teknologi yang menguntungkan merupakan poin penting bagi perusahaan. Model yang diusulkan menggabungkan dua tujuan penting: memaksimalkan keuntungan dengan memilih proyek teknologi dan pengembangan pengoptimalan berbasis simulasi dengan model tahap-gerbang tiga langkah untuk manajemen portofolio proyek teknologi dalam kondisi seperti sumber daya, biaya, dan probabilitas penyelesaian tahapan dan keberhasilan. Sistem stage-gate berkontribusi pada pengembangan model melalui berbagai langkah dari ide hingga peluncuran dan membantu mengelola proses transisi Industri 4.0 untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi.

#### **10.1 PENDAHULUAN**

Banyak perusahaan terkemuka telah memasang proses Manajemen Portofolio Proyek (PPM) untuk meningkatkan kekuatan mereka terhadap pesaing di pasar. Saat ini, PPM menjadi sangat penting untuk mencapai keberhasilan dan kemakmuran dan bahkan untuk kelangsungan hidup perusahaan. Terlalu banyak proyek dan tim gagal membedakan antara produk dan tidak dapat berhasil dalam inovasi.

Desain organisasi yang buruk, kurangnya kepemimpinan, kualitas pelaksanaan yang buruk, dan data teknis dan keuangan yang tidak dapat diandalkan adalah kemungkinan alasan untuk proyek yang gagal. Perusahaan dapat menghilang jika mereka tidak mementingkan kegiatan inovatif seperti menjaga portofolio proyek mereka tetap terkini dan kompetitif. Untuk mengatasi pertempuran sengit ini, perusahaan mempelajari proses PPM.

Transformasi Industri 4.0 memerlukan perencanaan strategis, yang mencakup investasi modal tinggi, pelatihan personel, dan perubahan lingkungan dan budaya. Untuk mengintegrasikan Industri 4.0, proyek teknologi dikembangkan yang akan menghasilkan peningkatan efisiensi. Hasil utama transformasi adalah integrasi seluruh rantai, di mana manusia, mesin, dan sumber daya dapat berkomunikasi secara langsung satu sama lain dan produk menjadi cerdas dan tahu bagaimana cara pembuatannya.

Untuk mencapai peningkatan efisiensi ini, proyek teknologi harus diperhitungkan sedangkan proses transformasi dalam Industri 4.0 memiliki ketidakpastian dan sumber daya yang terbatas. Manajemen portofolio proyek teknologi yang efektif dalam transisi ke Industri 4.0 dapat menjadi inisiatif utama untuk pencapaian masa depan perusahaan.

Pertama-tama, definisi manajemen portofolio diungkapkan sebagai proses pengambilan keputusan yang dinamis untuk terus memperbarui dan merevisi daftar proyek pengembangan teknologi yang aktif. Empat tujuan manajemen portofolio adalah:

- a. Meningkatkan nilai portofolio sejauh mungkin
- b. Mencari prioritas dan keseimbangan yang tepat di antara proyek-proyek
- c. Memastikan bahwa portofolio produk baru selaras dengan strategi perusahaan
- d. Menjaga agar jumlah total proyek tetap kecil tergantung pada keterbatasan sumber daya yang tersedia

PPM merupakan konsep penting yang mencakup penilaian, pemilihan, pengorganisasian, dan pengalokasian sumber daya untuk proses evaluasi, pemilihan, penentuan prioritas, dan pengalokasian sumber daya untuk proyek pengembangan. Selain itu, PPM mempertimbangkan tujuan yang memaksimalkan manfaat total dengan mempertimbangkan sumber daya yang langka.

Proses pengambilan keputusan membahas informasi yang tidak pasti dan berubah, peluang yang dinamis, dan berbagai tujuan serta pertimbangan strategis. Ada banyak alasan mengapa PPM sangat penting untuk transisi Industri 4.0 yang sukses yakni untuk membuat pilihan strategis tentang strategi bisnis dan jenis produk, pasar, dan teknologi; untuk mengalokasikan sumber daya seperti R&D, teknik, pemasaran, dan operasi yang langka dan penting; dan untuk menyeimbangkan sumber daya; misalnya, kesalahan seperti mencoba melakukan banyak proyek dengan sumber daya yang terbatas dapat menyebabkan waktu siklus yang lebih lama, kualitas pelaksanaan yang buruk, dan kinerja produk baru yang buruk.

PPM teknologi bertujuan untuk memaksimalkan aspek ekonomis dari investasi teknologi baru dalam kerangka Industri 4.0 dengan mempertimbangkan ketidakpastian, faktor risiko, dan sumber daya yang terbatas. Pengembangan proyek teknologi menyangkut bagaimana kita mendistribusikan sumber daya kita. Di era Industri 4.0 saat ini, sangat penting untuk menentukan prioritas di antara berbagai proyek dan mengarahkan sumber daya ke dalam proyek-proyek terpilih. Untuk memilih dan merancang proses bisnis terbaik, sangat penting untuk mengantisipasi masa depan industri dalam hal pengembangan produk baru.

Selain itu, salah satu cara terpenting untuk mengimplementasikan strategi unit bisnis adalah mengembangkan proyek teknologi di era Industri 4.0 sesuai dengan strategi PPM perusahaan dalam kerangka Industri 4.0. Jika sumber daya perusahaan dihabiskan untuk proyek yang salah, sumber daya yang tidak mencukupi akan tetap ada untuk proyek-proyek yang lebih membutuhkan sumber daya. Semua keputusan ini penting untuk mengimplementasikan pemilihan portofolio proyek teknologi yang efektif. Atas dasar ini, studi ini membahas tentang bagaimana bisnis harus menginvestasikan sumber daya proyek teknologinya untuk Industri 4.0 agar efektif.

Sumber daya perlu dialokasikan untuk mencapai tujuan transisi Industri 4.0 dari bisnis. Dengan demikian, model pengoptimalan berbasis simulasi yang dikembangkan akan membantu para pengambil keputusan dan eksekutif R&D untuk memantau integritas data dan menangani ketidakpastian dan tantangan dalam kehidupan bisnis untuk portofolio proyek teknologi di Era Industri 4.0. Jadi tujuan dari studi ini adalah untuk mengembangkan model

pengoptimalan berbasis simulasi dalam kondisi probabilistik seperti biaya, dan probabilitas penyelesaian tahapan dan keberhasilan untuk pemilihan proyek teknologi. Sistem stage-gate dipertimbangkan dalam model untuk menilai dan memantau risiko dan ketidakpastian (risiko finansial, bisnis, dan situasional) melalui berbagai langkah dari ide hingga peluncuran dalam fase pemilihan proyek teknologi.

Selain itu, diharapkan para manajer akan dapat mengamati bagaimana portofolio optimal proyek teknologi di Industri 4.0 dan nilai laba yang diharapkan berubah dalam berbagai tingkat risiko. Menurut penelitian ini, proses portofolio proyek teknologi dapat dianalisis secara mendalam dan keputusan yang tepat dapat diambil oleh para manajer. Akhirnya, pengetahuan dan kemampuan untuk mengelola sumber daya dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kinerja proses pemilihan proyek teknologi. Sisa makalah ini disusun sebagai berikut. Bagian 2 menyajikan tinjauan pustaka. Bagian 3 memberikan definisi metodologi. Di Bagian 4, aplikasi terhadap masalah disajikan. Hasil model diberikan di Bagian 5. Akhirnya, Bagian 6 menyimpulkan makalah ini.

## **10.2 TINJAUAN TEKNOLOGI INDUSTRI 4.0**

Sejak tahun 1960-an, banyak metode PPM telah dikembangkan dan dianalisis dalam literatur, dan saat ini, PPM telah menjadi topik penelitian yang sangat populer. Pemilihan portofolio proyek memainkan peran penting terutama dalam pasar global modern yang semakin kompetitif. Dalam literatur, pemilihan dan pengoptimalan portofolio proyek merupakan salah satu area terpenting untuk mengelola dan mengalokasikan sumber daya.

Banyak aspek PPM dibahas dalam literatur. Saat ini, topik terpenting yang dibahas adalah PPM dan pengoptimalan portofolio proyek. Beberapa studi PPM yang relevan dijelaskan di bawah ini. Brook dan Pagnanelli (2014) mempertimbangkan aspek keberlanjutan dalam PPM, seperti aspek sosial, ekonomi, dan ekologi. Metodologi tersebut diterapkan dalam industri otomotif untuk pemilihan dan penentuan prioritas portofolio proyek. Archer dan Ghasemzadeh (1999) membuat kerangka kerja untuk pemilihan portofolio. Kerangka kerja tersebut terdiri dari beberapa tahap. Setiap tahap memiliki tujuan tertentu dan menghasilkan masukan untuk tahap berikutnya.

Setelah itu, sistem prototipe dapat digunakan dalam banyak kegiatan pengambilan keputusan terkait. Hsu, Tzeng, dan Shyu (2003) menggunakan proses hierarki analitis (AHP) untuk mengevaluasi tujuan dan kriteria untuk pemilihan portofolio proyek R&D. Metodologi yang dibuat juga mencakup pengambilan keputusan kelompok berdasarkan tujuan/kriteria yang telah ditentukan sebelumnya oleh spesialis teknis. Unger, Kock, Gemünden, dan Jonas (2011) meluncurkan gagasan kualitas penghentian proyek dan menganalisis dampaknya pada kesesuaian strategis dan bagaimana operasi kepemimpinan memengaruhinya. Untuk sampel portofolio proyek, penelitian kuantitatif disediakan dan terlihat bahwa kualitas penghentian memiliki dampak positif pada kesesuaian strategis.

Daniel, Ward, dan Franken (2014), menganalisis manajemen portofolio sistem informasi (IS PMM). Ada juga contoh empiris adaptasi. Kemampuan dinamis domain IS dan justifikasi teoritis sistem dieksplorasi. Di berbagai organisasi yang menggunakan metode agile,

Stettina dan Hörz (2015) mengeksplorasi praktik manajemen portofolio. Mereka memberikan gambaran umum tentang domain praktik portofolio yang dipengaruhi oleh metode agile, membantu para profesional manajemen proyek untuk memahami karakteristik potensial portofolio agile dan implikasinya. Hadjinicolaou dan Dumrak (2017) melakukan survei terhadap manajer portofolio di seluruh Australia.

Hasil dari perubahan yang diusulkan dalam kepemimpinan dasar, perluasan penggunaan aset, pengaturan dengan prosedur bisnis, dan penurunan risiko secara hierarkis merupakan keuntungan yang paling dikenal luas yang ditemukan saat mengaktualisasikan PPM. Ada banyak penelitian tentang berbagai teknik dan berbagai bidang penerapan pengoptimalan portofolio proyek, yang memberikan perspektif luas tentang konsep tradisional dan kecerdasan komputasional dengan berbagai pendekatan. Beberapa di antaranya dibahas di bawah ini. Carlsson, Fuller, Heikkila, dan Majlender (2007) menggunakan bilangan fuzzy trapesium untuk memperkirakan arus kas masa depan.

Kemudian, model pemrograman integer campuran fuzzy dibuat untuk masalah pemilihan portofolio R&D yang optimal. Blau dan Pekney (2004) mengusulkan model manajemen portofolio yang memilih proyek secara berurutan untuk memaksimalkan manfaat ekonomi yang diharapkan dalam tingkat yang dapat diterima dalam alur pengembangan produk baru. Model jaringan probabilistik dibuat dan algoritma genetika digunakan untuk urutan yang optimal. Teori himpunan fuzzy digunakan untuk memperhitungkan ketidakjelasan dalam preferensi. Dickinson, Thornton, dan Graves (2001), menyajikan model untuk mengoptimalkan portofolio proyek pengembangan produk untuk Perusahaan Boeing.

Matriks dependensi digunakan untuk mengevaluasi saling ketergantungan antara proyek. Selain itu, model program integer nonlinier dikembangkan untuk mengoptimalkan pemilihan proyek. Kremmel, Kubalík, dan Biffl (2011), mengusulkan pendekatan evolusi multi-objektif dan menerapkannya pada portofolio, memilih dari sekumpulan 50 proyek. Liu dan Liu (2017) mengembangkan metode optimasi kredibilitas parametrik baru untuk masalah pemilihan portofolio proyek. Mereka memperoleh ekspresi analitis yang setara dari kendala kredibilitas dan memecahkan masalah menggunakan model pemrograman integer campuran nonlinier.

Untuk menunjukkan keuntungan dari metode optimasi yang diusulkan, beberapa eksperimen numerik dilakukan dengan menetapkan berbagai nilai parameter distribusi. Pérez, Gómez, Caballero, dan Liern (2018) mempertimbangkan model matematika yang diusulkan dengan ketidakpastian. Mereka menggunakan teori fuzzy untuk menangani ketidakpastian, ketidakjelasan, dan/atau ketidaktepatan ini. Model ini digunakan untuk menganalisis pemilihan dan perencanaan portofolio proyek dengan mempertimbangkan hubungan yang berbeda antara proyek (sinergi, ketidaksesuaian, urutan waktu, dan lainnya). Model ini diterapkan dalam aplikasi nyata dan potensi pendekatan tersebut dianalisis.

Fernandez, Gomez, Rivera, dan Cruz-Reyes (2018) mengusulkan metode Non-Outranked Ant Colony Optimization II untuk mengoptimalkan masalah portofolio dengan fitur dukungan parsial untuk mengatasi kinerja algoritmik yang buruk. Roland, Figueira, dan De Smet (2016), mempertimbangkan pemilihan portofolio proyek oleh banyak pakar. Masalah

tersebut diformulasikan sebagai masalah optimasi kombinatorial multi-objektif dan diselesaikan dengan dua prosedur berdasarkan optimasi invers dan algoritma bidang potong. Wu, Xu, Ke, Chen, dan Sun (2018), menggabungkan pengambilan keputusan multi-atribut fuzzy dengan pemrograman multi-objektif fuzzy untuk menyelesaikan optimasi portofolio proyek, dan pendekatan terintegrasi dirancang untuk menyelesaikan model pemrograman fuzzy 0-1.

Garcia dan Castro (2018) mengembangkan pendekatan multi-objektif interaktif fuzzy untuk mempertimbangkan model fleksibel untuk pemilihan portofolio proyek yang saling bergantung. Sejak tahun 2000, para peneliti telah berfokus untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor utama dalam memilih teknologi baru dan telah mencoba mengembangkan algoritme untuk mengukur berbagai pilihan proyek teknologi. Ada berbagai teknik untuk pemilihan proyek teknologi dengan mempertimbangkan berbagai fitur seperti kendala dan pendekatan. Beberapa studi tentang pemilihan teknologi dan proyek R&D dijelaskan di bawah ini.

Sejak tahun 2000, para peneliti telah berfokus untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor utama dalam memilih teknologi baru dan telah mencoba mengembangkan algoritme untuk mengukur berbagai pilihan proyek teknologi. Ada berbagai teknik untuk pemilihan proyek teknologi dengan mempertimbangkan berbagai fitur seperti kendala dan pendekatan. Beberapa studi tentang pemilihan teknologi dan proyek R&D dijelaskan di bawah ini. Mohanty, Agarwal, Choudhury dan Tiwart (2005), menerapkan fuzzy ANP (Analytic Network Process) untuk memilih proyek R&D. Rodriguez, Ortega, dan Concepción (2017), mengembangkan model pemilihan proyek teknologi informasi (TI).

Model ini menggabungkan pendekatan vektor grafis baru dengan proses hierarki analitik fuzzy (FAHP) dan perhitungan varians rata-rata. Tavana, Khalili-Damghani, dan Sadi-Nezhad (2013) mengusulkan pemrograman linier fuzzy multi-objektif dengan tujuan memaksimalkan tingkat kepuasan tujuan fuzzy dan skor efisiensi secara bersamaan. Model ini diterapkan pada pemilihan proyek teknologi tinggi di NASA. Karasakal dan Akel (2017), menggunakan metode penyortiran multi-kriteria berdasarkan analisis envelopment data untuk menangani pemilihan proyek R&D. Durmusoğlu (2018) menggunakan AHP untuk menentukan faktor-faktor yang harus digunakan dalam mengevaluasi proyek techno-entrepreneurship.

Ditemukan bahwa pasar yang ditargetkan adalah kriteria terpenting untuk proyek techno-entrepreneurship. Hung dan Lee (2016), membahas model pemilihan teknologi proaktif (PTSM). Model ini menganalisis tiga faktor, yaitu integrasi evaluasi, pemilihan, dan peningkatan teknologi baru. Pada langkah pertama; metode kualitatif Delphi diterapkan untuk mengidentifikasi teknologi baru. Pada Tahap 2, metode DANP (ANP berbasis DEMATEL) dan VIKOR digunakan. Akhirnya, pada Tahap 3, metode kualitatif kelompok dan diskusi panel digabungkan untuk membuat keputusan akhir. Wouters, Roorda, dan Gal (2011), yang disebut metode opsi-nilai portofolio proyek (PPO), mengembangkan cara inovatif untuk mewakili, membahas, dan menilai ketidakpastian dalam proyek R&D.

Oh, Yang, dan Lee (2012) mempertimbangkan ketidakpastian dalam langkah-langkah keputusan manajemen portofolio. Untuk tujuan ini, kerangka kerja sistem pakar fuzzy dikembangkan. Dengan menggunakan model ini, proyek pengembangan produk baru (NPD) yang harus direncanakan di bawah ketidakpastian untuk mengembangkan investasi yang seimbang dapat dievaluasi. Wei dan Chang (2011) menciptakan pendekatan baru yang menggabungkan teori himpunan fuzzy dengan metode pengambilan keputusan kelompok multi-kriteria dalam model pemilihan portofolio proyek NPD.

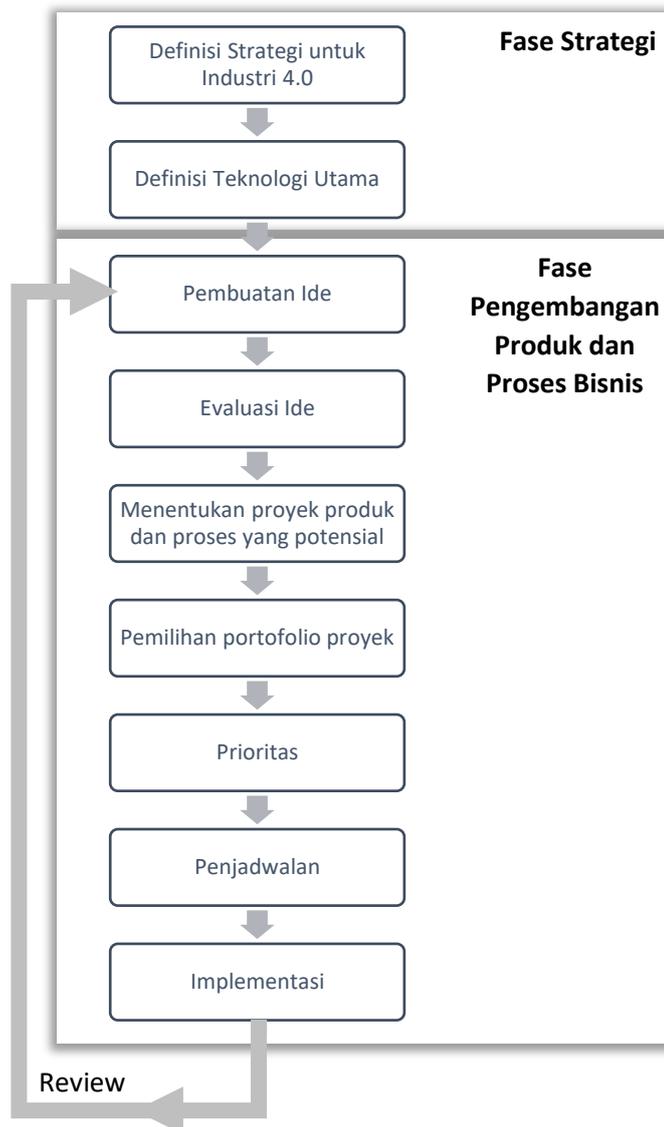
Oh et al. (2012) dan Wei dan Chang (2011) secara khusus berfokus pada masalah pemilihan NPD dalam model logika fuzzy. Ketika meninjau literatur terkait, ditemukan bahwa metode optimasi, sistem berbasis teori fuzzy, dan model pengambilan keputusan multikriteria telah dikembangkan untuk pemilihan portofolio proyek teknologi tetapi terdapat kekurangan dalam optimasi berbasis simulasi untuk pemilihan portofolio proyek teknologi. Kontribusi spesifik dari studi ini adalah:

- a. Terdapat kekurangan dalam pendekatan manajemen risiko untuk manajemen portofolio dalam kondisi probabilistik dan ketidakpastian dalam literatur. Studi ini dikembangkan untuk mengisi kesenjangan ini dengan menambahkan optimasi berbasis simulasi dengan mempertimbangkan sistem stage-gate untuk proses pemilihan portofolio proyek teknologi.
- b. Risiko kegagalan proyek dalam sistem stage-gate tiga langkah disertakan dalam model optimasi berbasis simulasi.
- c. Studi ini mengembangkan kerangka kerja manajemen portofolio proyek teknologi melalui ketidakpastian umum dan peta jalan teknologi.

### **10.3 TRANSFORMASI DIGITAL**

Pada bagian ini, pertama-tama peta jalan teknologi dan tempat pemilihan portofolio proyek dalam Industri 4.0 disajikan untuk menyoroti pentingnya pemilihan portofolio. Kedua, optimasi berbasis simulasi dengan sistem stage-gate dijelaskan. Peta Jalan Teknologi dan Pemilihan Portofolio Proyek dalam Industri 4.0. Agar berhasil dalam Industri 4.0 dan mengelola portofolio proyek teknologi dengan baik, peta jalan teknologi harus disusun dengan cermat dalam proses transformasi digital. Jadi, peta jalan teknologi memiliki kepentingan kritis dalam adopsi proyek teknologi baru.

Tujuan utama dari proses transformasi digital adalah untuk memecahkan tantangan dan masalah yang dihadapi oleh bisnis. Untuk memperkirakan potensi teknologi, produk, dan layanan baru, pembuatan peta jalan teknologi untuk transformasi Industri 4.0 sangat penting bagi para manajer, pembuat kebijakan, dan praktisi untuk mengelola portofolio proyek teknologi. Dalam kerangka kerja komprehensif yang diusulkan, yang digambarkan dalam Gambar 1, ada dua langkah utama dari peta jalan teknologi yang diusulkan untuk Industri 4.0. Ini adalah fase strategi dan pengembangan produk dan proses baru.



**Gambar 10.1. Peta Jalan Teknologi**

Bagian pertama dari peta jalan, yaitu fase strategi, adalah prosedur kolaboratif untuk merencanakan peta jalan Industri 4.0. Dalam fase strategi, target yang jelas harus ditetapkan berdasarkan cakrawala waktu. Setelah itu, definisi teknologi utama memiliki kepentingan strategis. Pertama, ide-ide dihasilkan dalam fase pengembangan produk dan proses baru, kemudian ide-ide yang dihasilkan dievaluasi, dan akhirnya pemilihan beberapa proyek dan ide potensial dianalisis untuk implementasi.

Langkah pemilihan portofolio proyek penting ketika mempertimbangkan kendala seperti batasan anggaran, kebijakan kemitraan, dan sumber daya manusia yang tidak memadai. Membuat keputusan tersebut dan menentukan kendala adalah bagian terpenting dari proses transformasi digital. Salah satu tujuan yang sangat diperlukan dari manajemen perusahaan yang efektif adalah profitabilitas. Perusahaan dapat mengembangkan, berinvestasi, dan menawarkan proses baru dan lebih maju tetapi hanya dengan profitabilitas. PPM teknologi memastikan bahwa semua proyek yang disetujui dan sedang berlangsung memenuhi tujuan strategis dalam Industri 4.0.

Penetapan prioritas proyek biasanya dilakukan berdasarkan manfaat dan nilai tambah. Penjadwalan merupakan kerangka kerja jangka waktu peta jalan Industri 4.0, sehingga langkah ini mencakup visualisasi proyek teknologi, target, proses, dan tingkat kemajuan. Langkah terakhir menyangkut implementasi proyek. Dalam bab ini, pemilihan portofolio proyek teknologi di era Industri 4.0 akan dikaji dengan menggunakan pendekatan optimasi berbasis simulasi. Jika faktor-faktor seperti batasan anggaran, investasi modal yang tinggi, pelatihan personel, dan perubahan lingkungan dan budaya tidak ditangani dalam Industri 4.0, perusahaan tidak dapat berhasil dalam proses transformasi digital. Oleh karena itu, PPM yang efektif harus diatur secara cermat dengan mempertimbangkan ketidakpastian, kendala, dan situasi risiko tersebut.

### **Pemilihan Portofolio Proyek dengan Sistem Stage-Gate**

Optimalisasi berbasis simulasi dengan sistem stage-gate dikembangkan untuk pemilihan proyek teknologi yang melibatkan risiko dan ketidakpastian. Ia memiliki banyak keunggulan dibandingkan metode optimasi tradisional dalam hal kualitas dan interpretabilitas solusi. Selain itu, model optimasi berbasis simulasi juga sangat fleksibel dalam hal ukuran kinerja yang ingin dievaluasi oleh pembuat keputusan. Alat simulasi membantu memecahkan masalah optimasi matematika dunia nyata yang kompleks.

Jelas bahwa optimasi berbasis simulasi sangat ampuh untuk mengelola risiko. Model yang dikembangkan dikombinasikan dengan sistem stage-gate menangani kemungkinan risiko kegagalan proyek di setiap langkah dan memilih proyek yang memaksimalkan keuntungan di bawah kendala. Agar dapat memprioritaskan proyek dan memperoleh alokasi sumber daya, untuk terus memperbarui dan merevisi daftar produk baru dan proyek pengembangan yang aktif, proses manajemen portofolio proyek telah mulai memperoleh kepentingan yang besar.

Oleh karena itu, proses PPM dikelola dengan pendekatan sistematis; metode yang paling terkenal adalah Stage Gate System. Proses Stage Gate adalah templat yang memandu proyek baru melalui berbagai langkah dari ide hingga peluncuran. Proses ini juga mengelola manajemen portofolio proyek untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi. Sistem ini bukan untuk produk tertentu, bukan khusus sektor atau khusus industri; ini adalah pendekatan yang berlaku untuk semua jenis proyek, yang memberikan metode rutin untuk mengikuti langkah-langkah dasar.

Stage gate membagi proses inovasi menjadi serangkaian tahap yang telah ditentukan sebelumnya, yang terdiri dari aktivitas yang ditentukan, multifungsi, dan paralel. Stage gate terdiri dari serangkaian tahap dan gate. Setiap tahap diikuti oleh gate. Dalam tahap-tahap tersebut, informasi yang dibutuhkan dikumpulkan oleh tim proyek, analisis data dan integrasi dipertimbangkan. Dalam gate, keputusan Go/Kill dibuat untuk terus berinvestasi pada proyek. Stage-Gate membagi proyek menjadi beberapa fase terpisah yang dimaksudkan untuk mengumpulkan data guna memindahkan proyek ke langkah berikutnya.

Ketidakpastian dan risiko utama proyek dikurangi dengan pengumpulan data. Ketidakpastian dan hal yang tidak diketahui dihilangkan pada setiap tahap; sehingga risiko dikelola secara efisien. Setiap tahap bersifat multifungsi dan lintas fungsi; juga memiliki aktivitas paralel dari berbagai area fungsional. Tiga langkah sistem pemantauan proyek tahap-

gerbang yang digunakan dalam pengoptimalan berbasis simulasi untuk pemilihan portofolio proyek teknologi dianalisis di bawah ini. Gerbang 1, gerbang penyaringan ide, adalah dasar untuk evaluasi kelayakan teknis dan keunikan proyek, ide, dan potensi pasar. Tujuan gerbang ini adalah untuk memilih hanya ide yang tepat untuk langkah selanjutnya. Selanjutnya, Gerbang 1 untuk eliminasi Ide muncul; yang memiliki serangkaian kriteria pemilihan seperti:

- a. Apakah ide ini akan meningkatkan nilai portofolio?
- b. Dapatkah proyek dikembangkan secara teknis?
- c. Apakah minat pasar cukup untuk memulai proyek?
- d. Apakah pelanggan akan membayar harganya?
- e. Apakah ide ini layak dengan sumber daya yang tersedia?

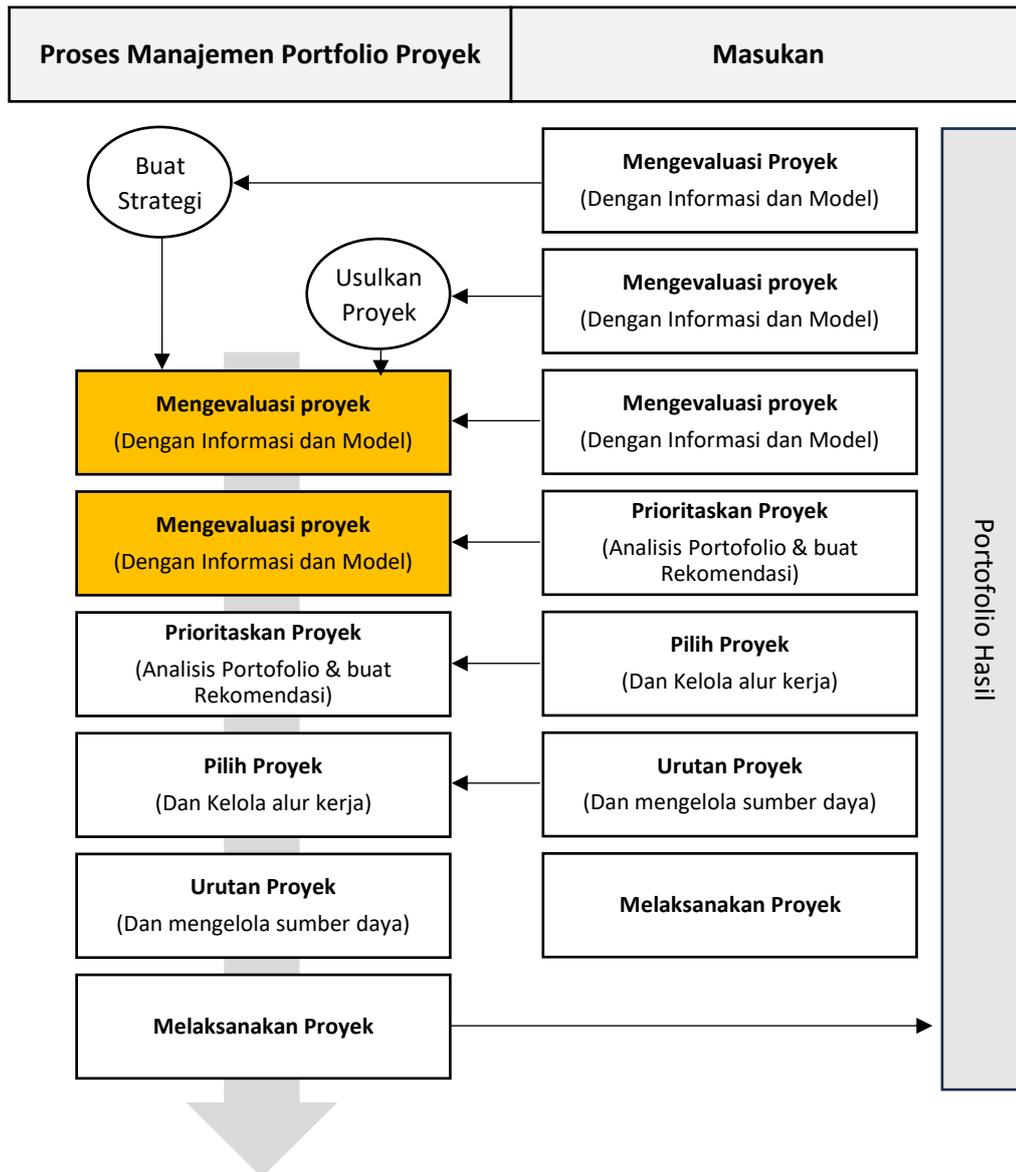
Pada Tahap 1, langkah-langkah pengembangan ide dan pengembangan rencana bisnis dilakukan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan cakupan dan peta jalan serta kelayakan ekonomi proyek. Setelah Tahap 1, proyek akan sampai pada gerbang penilaian teknis, Gerbang 2. Evaluasi penerimaan pelanggan dan kelayakan teknis dilakukan untuk menentukan apakah akan melanjutkan dengan analisis bisnis formal dari konsep produk. Dalam gerbang ini kriteria dapat dicantumkan seperti di bawah ini.

- a. Apakah teknisi memiliki kemampuan desain & formulasi yang cukup untuk Proyek ini?
- b. Apakah perusahaan memiliki peralatan yang diperlukan untuk pembuatan prototipe, aplikasi & pengujian kinerja?
- c. Apakah bahan baku tersedia?
- d. Apakah proyek cukup inovatif, apakah merupakan produk pemecahan masalah yang berkelanjutan?
- e. Apakah ada peluang perlindungan hak kekayaan intelektual?

Tahap 2 adalah R&D, tempat produk dikembangkan. Analisis terperinci dan pengembangan produk dilakukan pada langkah ini. Setelah pengembangan produk pada Tahap 2, Gerbang 3 tercapai. Kriteria Gerbang 3 lebih difokuskan pada pendeteksian dan evaluasi aktivitas penelitian. Pengambil keputusan Gate-3 sebagian besar adalah senior R&D, pemasaran dan pengembangan bisnis serta manajer proyek.

- i. Apakah rencana tindakan, cakupan, tonggak pencapaian, definisi hasil dibuat dengan jelas?
- ii. Apakah teknologi produk tersedia & berkelanjutan?
- iii. Apakah biaya awal produk memenuhi harapan pelanggan?
- iv. Apakah ada produk prototipe yang dibuat?
- v. Apakah pengujian aplikasi dan kinerja dilakukan di internal dan disetujui?
- vi. Apakah produk prototipe diperlihatkan/dipamerkan kepada pelanggan?
- vii. Apakah prototipe memenuhi harapan pelanggan?

Setelah Gate 3, Tahap 3 mengikuti, di mana pengujian pasar dijalankan dan validasi serta komersialisasi dilakukan. Gambar 3 menggambarkan aliran sistem gerbang tahap tiga langkah dalam model optimasi berbasis simulasi. Pendekatan ini digunakan untuk pemilihan portofolio proyek teknologi di Industri 4.0.



**Gambar 10.2. Diagram Alir Pemilihan Portofolio Proyek Teknologi**

Seperti yang terlihat pada Gambar 10.2, pada langkah pertama, sistem stage-gate dipertimbangkan. Jika proyek melewati ketiga tahap tersebut, komersialisasi akan diterapkan, yang berarti bahwa pendapatan proyek dapat diperoleh dan faktor risiko dari setiap proyek yang mewakili kemungkinan tidak melewati tahap *i*. Jika proyek tidak dapat melewati salah satu tahap, kita tidak dapat memperoleh pendapatan dari proyek ini. Kemudian, diikuti oleh proses kedua.

Bagian kedua dari pendekatan optimasi berbasis simulasi adalah bagian optimasi, yang memilih proyek sesuai dengan pemaksimalan total pendapatan yang diperoleh dari proyek. Model pemrograman linier integer (ILP) diusulkan untuk mengatasi masalah ini. Jumlah maksimum uji coba ditentukan sebagai *T* dan model dijalankan *N* kali untuk simulasi. Model optimasi linier dari pemilihan portofolio proyek teknologi di Industri 4.0 dapat dilihat di bawah ini.

**Indeks**

i: Tahap

j: Proyek

Parameter

TC: Total anggaran untuk portofolio proyek

 $RTP_j(\mu, \hat{\sigma})$ : Pendapatan proyek teknologi j dengan rata-rata  $\mu$  dan simpangan baku  $\hat{\sigma}$  $c_{ij}$ : biaya proyek j pada tahap i**Variabel**

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{jika proyek } j \text{ dipilih dalam portofolio} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

**Fungsi Tujuan**

Persamaan (1):

$$\text{Maximize } Z = \sum_{j:1}^J RTP(\mu, \hat{\sigma}) - c_{ij} * x_j \quad i: \dots, I \text{ dan } j: 1, \dots, J$$

Persamaan (2)

$$\sum_{i:1}^I \sum_{j:1}^J c_{ij} * x_j < TC, \quad i: \dots, I \text{ dan } j: 1, \dots, J$$

**Persamaan (3)**

$$x_j \in (0,1) \quad j: 1, \dots, J$$

Dalam persamaan (1), tujuannya adalah untuk memaksimalkan total laba rata-rata yang diperoleh dari proyek-proyek terpilih di bawah faktor risiko probabilistik sesuai dengan kendala biaya. Dalam persamaan (2), setiap item biaya memiliki sumber daya yang terbatas menurut perusahaan, jadi untuk setiap proyek, kendala biaya ditambahkan ke model optimasi berbasis simulasi. Persamaan (3) mewakili enam variabel keputusan bilangan bulat 0-1 yang menentukan apakah proyek akan dipilih atau tidak.

**10.4 PERMODELAN INDUSTRI 4.0**

Dalam studi ini, model optimasi berbasis simulasi dengan sistem gerbang tahap tiga langkah dirancang. Selain itu, model tersebut diterapkan pada sebuah perusahaan untuk teknologi PPM di Industri 4.0. Perusahaan yang dibahas mengkhususkan diri dalam manajemen teknologi, R&D, dan memproduksi proyek-proyek yang terkait dengan logistik, kecerdasan komputer, dan teknologi pelacakan. Dalam aplikasinya, perusahaan yang dibahas memiliki enam proyek teknologi baru dan bertujuan untuk memilih yang paling menguntungkan di antara mereka dalam kondisi probabilistik. Proyek-proyek tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut:

- a. Internet of Things (IOT) untuk konsumsi energi

- b. Augmented Reality (AR) dalam logistik (sistem pengambilan pesanan)
- c. AR dalam pemeliharaan
- d. Proyek analisis data untuk pemeliharaan prediktif
- e. Sistem simulasi virtual
- f. Lokalisasi dalam ruangan untuk aset bergerak

Dengan menggunakan aplikasi Oracle Crystal Ball, model pengoptimalan berbasis simulasi dirancang untuk menghasilkan hasil prediktif seperti pemilihan proyek berdasarkan tujuan dan mengamati distribusi laba rata-rata. Oleh karena itu, keputusan strategis dapat diambil berdasarkan variabel risiko kritis dan keadaan yang tidak pasti.

### Menentukan Faktor Biaya

Pertama-tama, untuk setiap proyek dan fase, ditentukan item biaya. Item tersebut dapat dikategorikan ke dalam tiga fase: rencana bisnis dan pembuatan ide, tahap R&D dan komersial. Setiap fase melibatkan tenaga kerja, investasi finansial, dan faktor biaya lainnya. Dalam tahap rencana bisnis dan pembuatan ide, cakupan, peta jalan, dan kelayakan ekonomi proyek harus ditentukan. Selain itu, aktivitas seperti pencarian paten, faktor teknis awal, dan penilaian merupakan faktor yang menyebabkan biaya.

Setiap aktivitas juga membutuhkan tenaga kerja. Dalam tahap R&D, menentukan cakupan teknologi, tenaga kerja, dan bagian finansial dari R&D merupakan faktor biaya dari tahap ini. Terakhir, aktivitas seperti pengujian produk dan pasar, validasi, dan proses komersialisasi merupakan faktor yang memengaruhi biaya dalam tahap komersialisasi. Tabel 10.1 menunjukkan setiap item biaya untuk semua proyek.

**Tabel 10.1. Item biaya untuk setiap proyek menurut tahapannya**

Variabel	Distribusi	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>
Rencana Bisnis dan Generasi ( $\times 1000\text{TL}$ ) ( $c_{1j}$ )	Fixed	160	140	100	120	130	110
R & D ( $\times 1000\text{TL}$ ) ( $c_{2j}$ )	Fixed	200	350	250	220	250	200
Komersialisasi ( $\times 1000\text{TL}$ ) ( $c_{3j}$ )	Fixed	80	120	80	90	110	90

\* P<sub>j</sub>: Project j: 1 ... 6

### Faktor Risiko Kegagalan

Setiap tahap dan proyek memiliki risiko kegagalan yang berbeda yang menunjukkan kemungkinan proyek ditolak dan dengan demikian gagal untuk maju ke tahap berikutnya. Oleh karena itu, risiko kegagalan dan informasi statistik lainnya ditentukan menurut eksekutif R&D dan pengembangan bisnis di perusahaan. Lebih jauh, pendapatan proyek dapat bervariasi dengan variabel risiko, dengan asumsi bahwa pendapatan proyek terdistribusi secara normal, dan deviasi standar ditetapkan masing-masing sebesar 20, 50, dan 80%. Dengan ini tiga skenario dibentuk untuk menganalisis rata-rata total laba dan proyek yang dipilih.

Jika proyek tidak gagal dalam tiga langkah dan berhasil, proyek tersebut dikomersialkan, ini berarti bahwa pendapatan proyek dapat diperoleh. Jika tidak, pendapatan proyek tidak dapat diperoleh. Informasi statistik terperinci tentang variabel ditunjukkan pada

Tabel 10.2. Dalam kondisi data yang realistis ini, setiap variabel dihasilkan secara acak dari distribusi probabilitasnya.

**Tabel 10.2. Parameter input variabel untuk simulasi**

Kategori	Distribusi	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	Std Dev
Revenue (RTP <sub>j</sub> )	Normal	2500	2700	2400	2000	2200	1900	20% untuk S <sub>1</sub>
$\mu, \sigma$ ( $\times$ 1000 TL)								50% untuk S <sub>2</sub> 80% untuk S <sub>3</sub>
Faktor Risiko Teknik untuk tingkat 1 (P <sub>1j</sub> )	Bernoulli	0.20	0.20	0.30	0.30	0.30	0.35	
Faktor Risiko Teknik untuk tingkat 2 (P <sub>2j</sub> )	Bernoulli	0.35	0.25	0.35	0.50	0.40	0.45	
Faktor Risiko Teknik untuk tingkat 3 (P <sub>3j</sub> )	Bernoulli	0.50	0.40	0.45	0.20	0.35	0.20	
S <sub>1</sub> : Skenario 1; S <sub>2</sub> : Skenario 1; S <sub>3</sub> : Skenario 1; TL: Turkish Lira								

## 10.5 ANALISIS DAN HASIL

Untuk suatu kejadian tertentu, menjalankan model optimisasi berbasis simulasi menghasilkan distribusi probabilitas atau penilaian risiko. Model ini juga memilih nilai variabel secara acak, mensimulasikan model, dan menyediakan berbagai nilai yang diketahui tetapi nilai yang tidak pasti untuk setiap kejadian tertentu. Hal ini memungkinkan para peneliti untuk menjalankan beberapa uji coba dan mengidentifikasi semua kemungkinan hasil dari suatu kasus atau investasi.

Dalam model tersebut, skenario dihasilkan yang menangani tiga tingkat pendapatan proyek yang berbeda menurut deviasi standar dalam distribusi normal. Model simulasi dijalankan selama 1000 simulasi dan jumlah maksimum uji coba per simulasi adalah 1000. Total anggaran untuk portofolio proyek adalah 1500 ( $\times$ 1000) TL. Informasi ini diambil dari para ahli dan para eksekutif perusahaan. Enam variabel keputusan dianalisis untuk memutuskan apakah proyek baru akan dipilih atau tidak. Variabel-variabel ini sangat tidak pasti dan karenanya dapat secara signifikan dipengaruhi oleh variabel input untuk nilai PPM teknologi. Dengan mempertimbangkan hal ini, optimisasi berbasis simulasi dilakukan untuk menangani bagaimana nilai PPM teknologi di perusahaan dipengaruhi oleh ketidakpastian variabel tertentu. Solusi umum tercantum dalam Tabel 10.3.

**Tabel 10.3. Keluaran model simulasi dan optimasi risiko**

Skenario	Std Dev	Proyek terpilih	Solusi terbaik (Maksimal dari total keuntungan rata-rata) (X1000TL)	Peluang untung lebih dari 0 besar
1	20 %	1-4-5	1270.5	62.01 %
2	50 %	1-2-4-5-6	2567	71.11 %
3	80 %	1-2-3-4-5-6	3030	87.74 %

Proyek-proyek terpilih dapat diperoleh dengan menggunakan nilai rata-rata total keuntungan maksimum. Dalam kasus dasar, yaitu skenario 1, proyek 1, 4, dan 5 dipilih dengan memaksimalkan rata-rata total keuntungan dalam model optimasi berbasis simulasi. Nilai total keuntungan adalah 1270,5 (×1000 TL) dalam skenario ini. Ketika mempertimbangkan sensitivitas, seperti yang terlihat pada Tabel 10.3, proyek 1, 4, dan 5 dipilih dalam semua skenario.

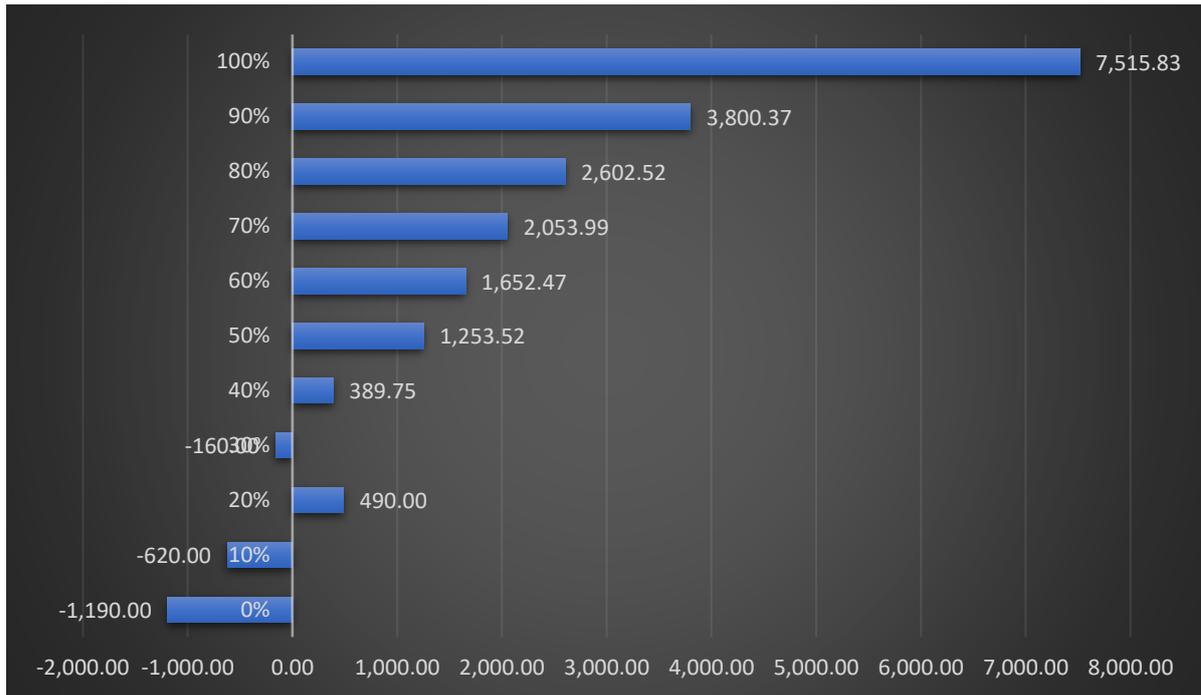
Dengan meningkatkan deviasi standar, proyek 2, 3, dan 6 dapat dipertimbangkan dalam optimasi berbasis simulasi. Jika tidak, proyek 1, 4, dan 5 adalah pilihan optimal untuk model tersebut menurut fungsi tujuan. Nilai total laba meningkat ke skenario 3. Analisis menunjukkan bahwa rata-rata total laba akan lebih besar dari 0 dengan probabilitas 62,01, 71,11, dan 87,74% dalam skenario 1, 2, dan 3, berturut-turut. Pemilihan lebih banyak proyek teknologi meningkatkan total laba perusahaan dan probabilitas memperoleh laba lebih besar dari 0.

Dengan meningkatkan deviasi standar pendapatan, risiko, dan ketidakpastian menyebabkan peningkatan rata-rata total laba rata-rata. Oleh karena itu, melalui analisis sensitivitas, perubahan tambahan dari simulasi risiko dan model optimasi dapat diamati dengan jelas dengan menganalisis bagaimana deviasi standar tambahan dalam pendapatan dapat memengaruhi pemilihan proyek dan total laba rata-rata. Konsekuensi risiko yang ditunjukkan dianalisis dengan interval kepercayaan 95%. Distribusi rata-rata total keuntungan untuk solusi terbaik dapat dilihat pada Tabel 10.4.

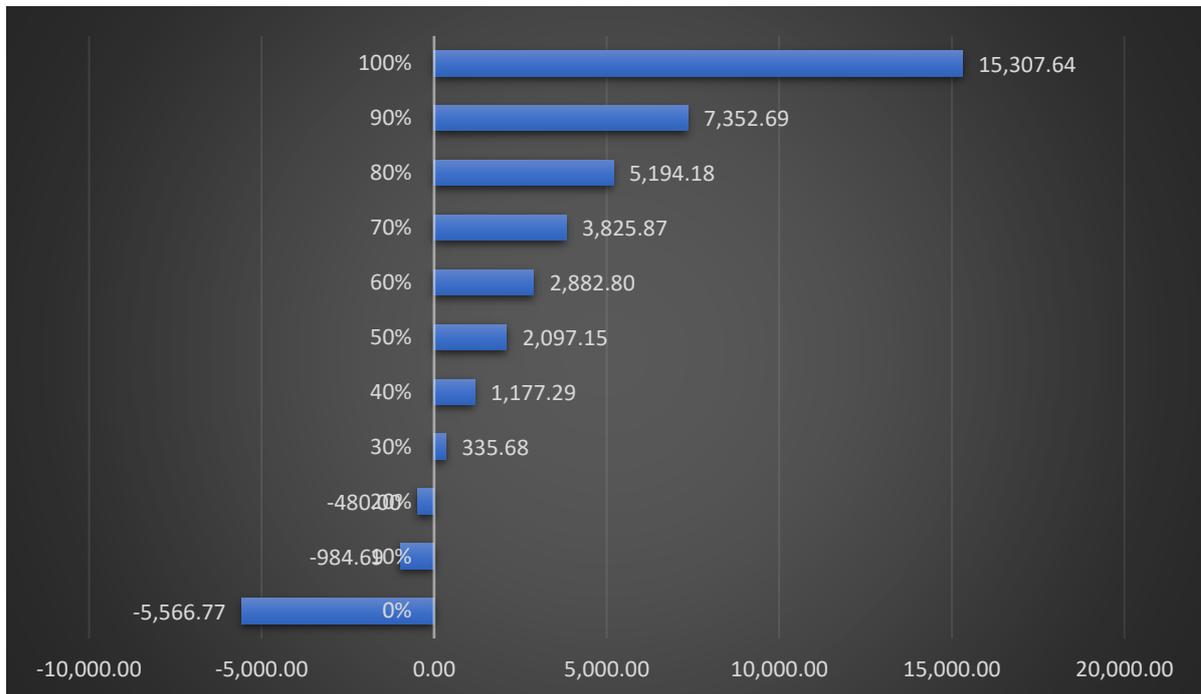
**Tabel 10.4. Distribusi rata-rata total keuntungan untuk solusi terbaik pada setiap skenario**

Persentase	Jumlah Rata-rata keuntungan dalam skenario 1	Jumlah Rata-rata keuntungan dalam skenario 1	Jumlah Rata-rata keuntungan dalam skenario 1
0%	-1,190.00	-5,566.77	-850.00
10%	-620.00	-984.69	-170.00
20%	490.00	-480.00	1,332.85
30%	-160.00	335.68	1,747.56
40%	389.75	1,177.29	2,080.66
50%	1,253.52	2,097.15	3,033.80
60%	1,652.47	2,882.80	3,600.94
70%	2,053.99	3,825.87	4,177.64
80%	2,602.52	5,194.18	5,150.80
90%	3,800.37	7,352.69	6,253.13
100%	7,515.83	15,307.64	11,690.65

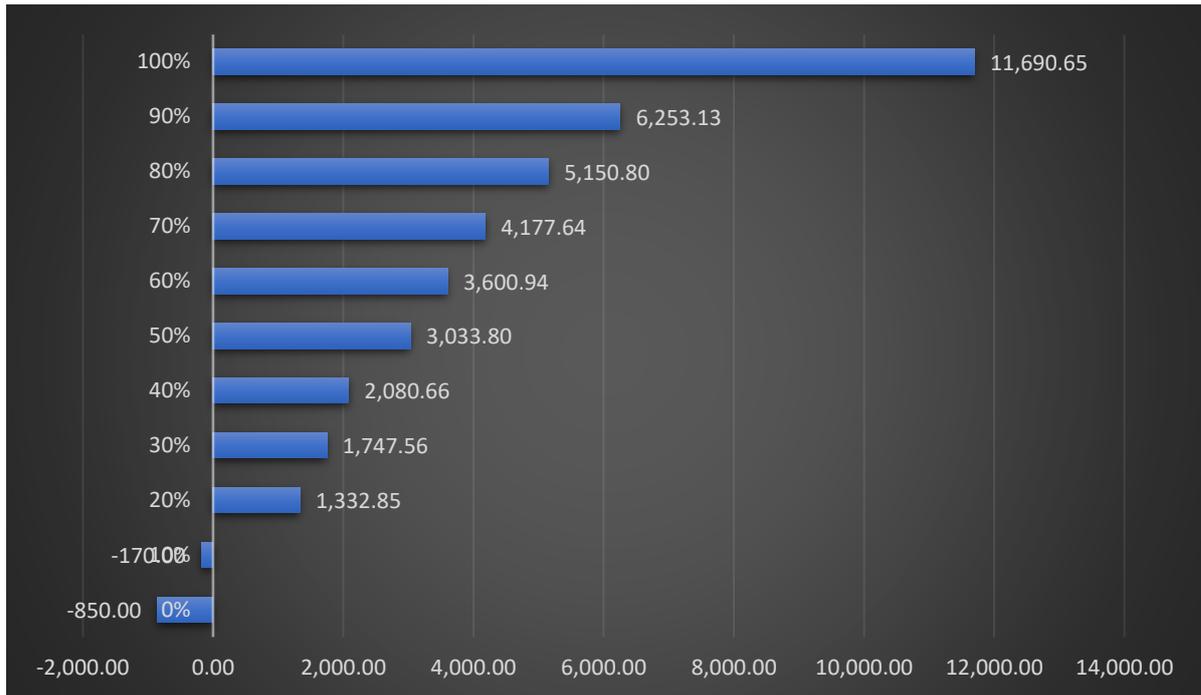
Gambar 10.3, 10.4, dan 10.5 menunjukkan histogram laba untuk solusi terbaik dalam skenario. Dengan menggunakan model optimasi berbasis simulasi, variasi dalam distribusi kemungkinan hasil dapat diperiksa. Keuntungan menggunakan simulasi adalah memungkinkan untuk menganalisis skenario risiko ekstrem yang disebabkan oleh faktor risiko atau variabel input tertentu.



**Gambar 10.3. Histogram laba untuk solusi terbaik dalam skenario 1**



**Gambar 10.4. Histogram laba untuk solusi terbaik dalam skenario 2**



**Gambar 10.5. Histogram laba untuk solusi terbaik dalam skenario 3**

Dalam studi ini, dapat dinyatakan bahwa tingkat ketidakpastian dalam pendapatan mengubah pemilihan proyek yang menghasilkan laba maksimum. Peningkatan deviasi standar pendapatan mengarah pada pemilihan lebih banyak proyek teknologi dan berkontribusi pada total laba secara positif. Sebagai kesimpulan, untuk tingkat ketidakpastian pendapatan yang berbeda, perubahan laba total rata-rata dan pemilihan proyek yang berbeda dapat dianalisis.

### Ringkasan

Karena biaya investasi yang tinggi, keterbatasan sumber daya, dan tingginya tingkat faktor risiko dalam proyek teknologi di Industri 4.0, pencapaian strategis diberikan melalui PPM teknologi dalam studi ini. PPM dan pengoptimalan mempertimbangkan tujuan yang memaksimalkan total manfaat yang diberikan serangkaian alternatif yang membutuhkan sumber daya langka yang umum. Proses pengambilan keputusan membahas informasi yang tidak pasti dan berubah, peluang dinamis, dan beberapa tujuan dan pertimbangan strategis yang merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan di Industri 4.0.

Pemilihan portofolio proyek teknologi sangat penting dalam membuat keputusan tersebut. Ada tiga faktor penting yang harus dipertimbangkan saat menangani masalah pemilihan proyek teknologi. Ini adalah biaya investasi yang tinggi dari proyek teknologi, keterbatasan sumber daya seperti anggaran, dan faktor risiko kegagalan di setiap tahap. Dalam studi ini, proses gerbang tahap tiga langkah dikembangkan untuk pengoptimalan berbasis simulasi dalam PPM teknologi. Sistem stage-gate mempertimbangkan risiko dan ketidakpastian dalam fase pemilihan proyek dan membantu mengelola proses portofolio proyek untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan proses optimasi berbasis simulasi dalam kondisi probabilistik dan probabilitas penyelesaian tahapan dan pencapaian keberhasilan untuk PPM teknologi. Oleh karena itu, sebuah metodologi dibuat untuk menangani faktor-faktor ini dengan mempertimbangkan sistem stage-gate. Selain itu, tiga skenario dikembangkan untuk menganalisis rata-rata total keuntungan dan pemilihan proyek dengan meningkatkan deviasi standar pendapatan proyek. Oleh karena itu, perubahan tambahan dari model optimasi berbasis simulasi dapat diamati dengan jelas dengan menganalisis proyek-proyek terpilih dan rata-rata total keuntungannya.

Dengan menggunakan optimasi berbasis simulasi, rentang dan distribusi rata-rata total keuntungan dapat diamati, dan terlebih lagi perubahan dalam rata-rata total keuntungan dari proyek-proyek terpilih dapat dianalisis secara mendalam. Model yang dirancang ini mengelola proses PPM untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas juga membantu para eksekutif dalam membuat pilihan strategis di era Industri 4.0 dalam keadaan yang tidak pasti.

## BAB 11

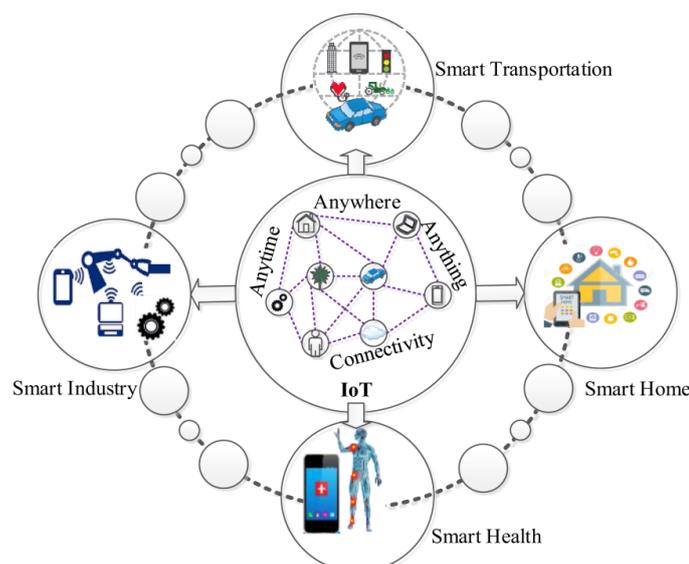
### LAPISAN ARSITEKTUR KONSERVASI ENERGI DALAM INTERNET OF THINGS

Dengan menggunakan arsitektur tiga lapis, IoT dapat dipahami secara metodis. Lapisan-lapisan ini adalah lapisan penginderaan dan pengumpulan data, lapisan pemrosesan data dan jaringan, dan lapisan aplikasi. Dalam lapisan penginderaan dan pengumpulan data, sensor digunakan untuk merasakan lingkungan sekitarnya. Lapisan pemrosesan juga seperti lapisan middleware. Lapisan aplikasi bertanggung jawab untuk menyampaikan fasilitas tertentu kepada klien. Semua lapisan ini dibatasi energinya.

Oleh karena itu, mengurangi konsumsi energi secara efisien dalam IoT merupakan masalah yang sensitif. Untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jaringan IoT, sejumlah besar teknik telah dikembangkan oleh berbagai peneliti. Bab ini memperkenalkan klasifikasi teknik konservasi energi berdasarkan lapisan arsitektur IoT tempat teknik tersebut bekerja. Teknik efisiensi energi juga dibahas secara singkat. Bab ini juga menganalisis teknik-teknik tersebut berkenaan dengan kelebihan dan kekurangannya. Selain itu, arah masa depan juga telah disajikan secara singkat.

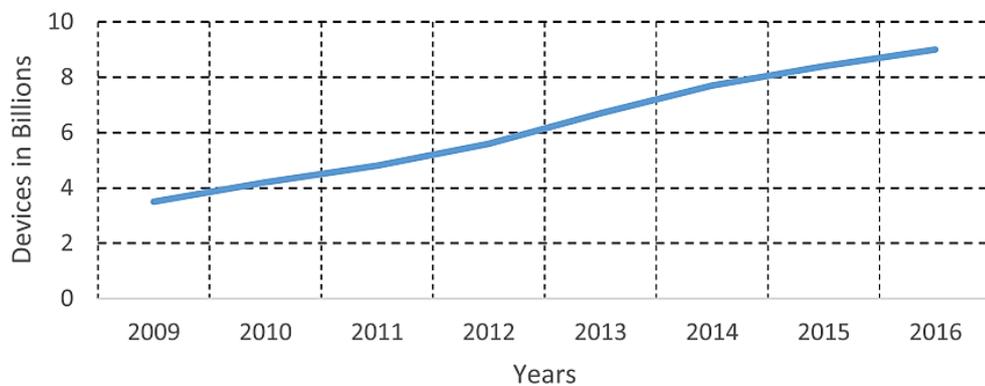
#### 11.1 PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) adalah inovasi penting yang sedang naik daun yang digunakan dalam perusahaan-perusahaan yang akan datang dan kehidupan sehari-hari individu. Di sini banyak sekali benda pintar yang menggunakan baterai, aktuator, dan sensor yang dikaitkan dengan Internet. Gambar 11.1 menunjukkan skenario IoT di mana berbagai jenis sensor, aktuator bekerja sama di internet, mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, dan mengirimkan data penting untuk beberapa tujuan tertentu.



**Gambar 11.1. Contoh Internet of Things (IoT)**

Aplikasi IoT meliputi kerangka kerja transportasi pintar, rumah pintar, area perkotaan pintar, perusahaan pintar, kendaraan independen, layanan pengobatan yang cerdas. Beberapa ruang fungsi IoT signifikan lainnya menggabungkan gadget keamanan terkomputerisasi, misalnya, kerangka peringatan dan observasi, jaringan terkomputerisasi yang digunakan dalam pengukuran mekanis sebagai bantuan untuk organisasi rute dan armada, dan lainnya. Kombinasi IoT dengan hampir setiap bagian kehidupan pribadi adalah karena titik fokus pengembangan planet yang lebih hijau. Gambar 11.2 menunjukkan pertumbuhan jumlah perangkat yang terhubung internet sehubungan dengan waktu. Pergerakan perkiraan ini menunjukkan kecepatan ekstensi eksponensial dunia IoT dan ketergantungan kita pada gadget yang diberdayakan IoT.



**Gambar 11.2. Pertumbuhan jumlah perangkat yang terhubung ke internet**

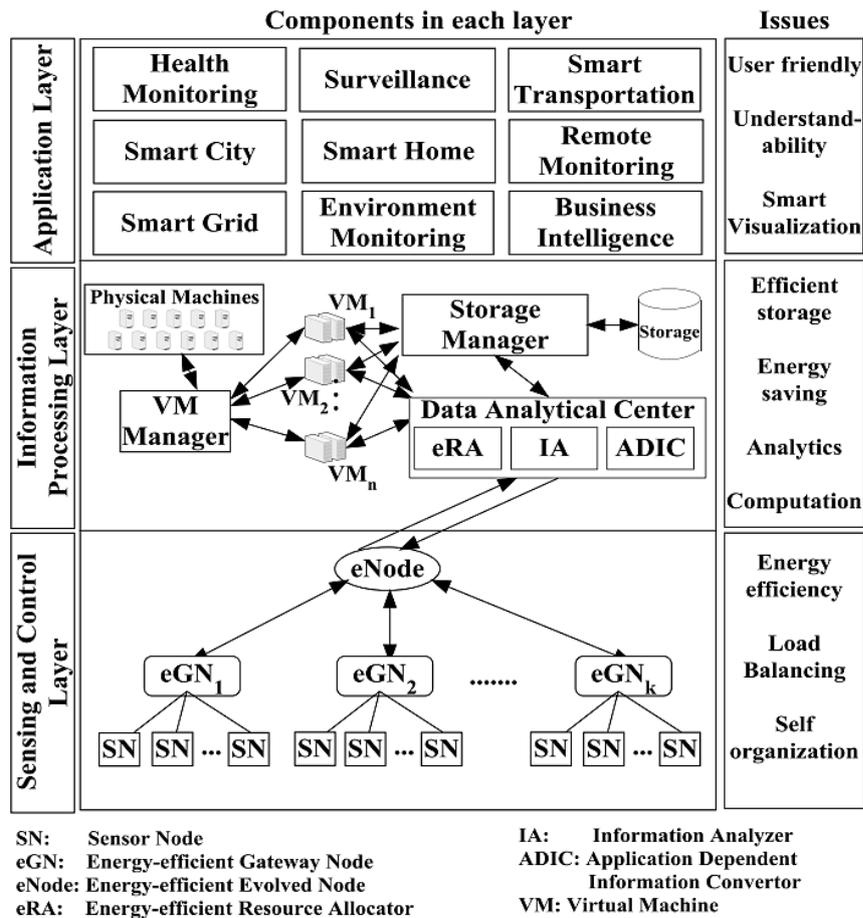
Oleh karena itu, komunikasi data dalam jumlah besar di antara miliaran node menciptakan kebutuhan energi yang besar. Gambar 11.3 menunjukkan komponen dan pergerakan informasi dalam kerangka IoT. Baterai peralatan yang terbatas akan habis saat mengumpulkan dan mengirimkan informasi. Jika informasi yang dikumpulkan dan diperiksa lebih banyak, dan diperlukan akurasi data yang lebih tinggi, lebih banyak energi yang dikonsumsi. Karena kekurangan energi, ada kebutuhan untuk mempertahankan keseimbangan antara pemrosesan data dan penggunaan energi oleh kerangka IoT. Selain itu, masa pakai aset apa pun di IoT bergantung pada aksesibilitas energi. Hilangnya energi memengaruhi seluruh kondisi yang diamati. Selanjutnya, ada kebutuhan yang jelas untuk mengurangi penggunaan energi demi masa pakai aset yang lebih lama.



**Gambar 11.3. Elemen IoT**

### Arsitektur

Arsitektur IoT terdiri dari lapisan penginderaan dan pengumpulan data, lapisan pemrosesan data dan jaringan, serta lapisan aplikasi. Gambar 11.4 menunjukkan arsitekturnya.



Gambar 11. 4. Arsitektur IoT

**Lapisan Penginderaan dan Pengumpulan Data**

Lapisan fisik ini memiliki sensor yang mengumpulkan data mentah dalam jumlah besar. Sensor tersebut merasakan kondisi lingkungan dan mengirimkan estimasi sensor ke lapisan penanganan data dan sistem.

**Lapisan Pemrosesan Data dan Jaringan**

Informasi dasar yang dikumpulkan dan dikirimkan oleh lapisan penginderaan dan pengumpulan data harus disimpan, disiapkan, dan dipecah untuk memulihkan data yang dapat ditafsirkan darinya. Tugas ini dilakukan oleh lapisan pemrosesan data dan jaringan. Lapisan ini terdiri dari fokus investigasi informasi, media penyimpanan, dan berbagai mesin fisik dan virtual.

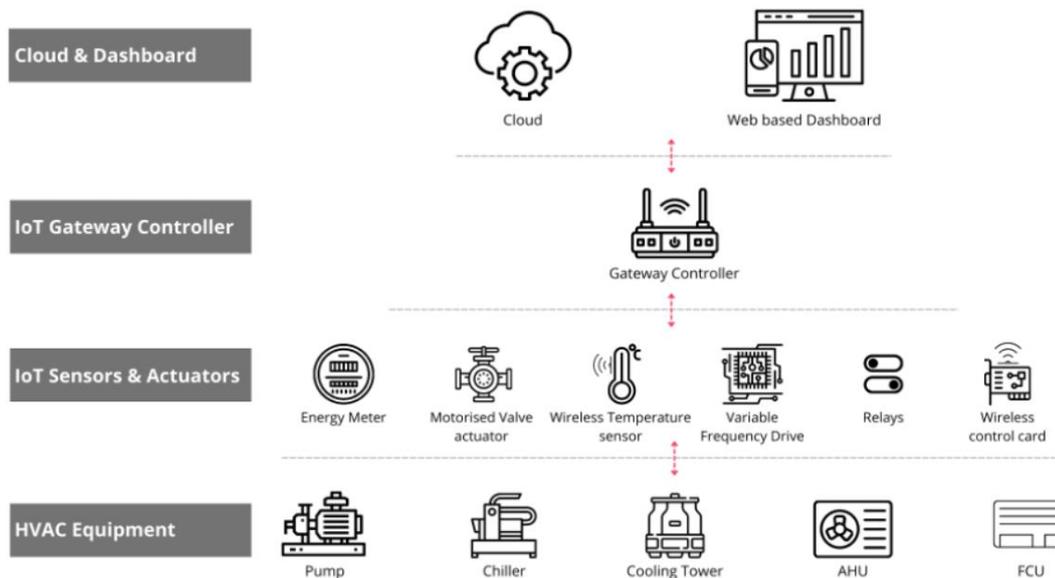
**Lapisan Aplikasi**

Lapisan aplikasi memberikan administrasi dan kontrol kepada klien akhir. Lapisan ini memberikan antarmuka kepada klien untuk aplikasi. Data yang diterima dari informasi mentah yang dikumpulkan oleh sensor dapat digunakan oleh aplikasi apa pun. Lapisan ini juga menyediakan peralatan representasi untuk menunjukkan informasi yang ditangani. Dalam bab ini, klasifikasi teknik konservasi energi di IoT telah disajikan berdasarkan lapisan arsitektur IoT tempat teknik tersebut bekerja. Bab ini juga menyajikan diskusi singkat tentang setiap

teknik. Teknik-teknik tersebut dianalisis lebih lanjut berkenaan dengan kelebihan dan kekurangannya.

## 11.2 KLASIFIKASI TEKNIK KONSERVASI

Peneliti telah mengembangkan banyak teknik konservasi energi untuk IoT. Klasifikasi dan pembahasan singkat tentang teknik konservasi energi telah disajikan di bagian ini.



**Gambar 11.5. Klasifikasi teknik konservasi energi di IoT**

Teknik konservasi energi bekerja di berbagai lapisan IoT. Gambar 11.5 menunjukkan klasifikasi teknik konservasi energi di IoT. Teknik konservasi energi telah diklasifikasikan dengan mempertimbangkan lapisan tempat teknik tersebut bekerja, yaitu berdasarkan lapisan penginderaan dan pengumpulan data, berdasarkan lapisan jaringan, dan berdasarkan lapisan aplikasi.

### Lapisan Penginderaan dan Pengumpulan Data

Teknik konservasi energi yang bekerja di lapisan ini adalah, penjadwalan tidur-bangun, penginderaan cerdas sparse berbasis prediktor konteks, modulasi, pemanenan energi dan pemanenan energi nirkabel RF berbasis sakelar sumber hibrida. Di bagian ini, masing-masing teknik telah dibahas secara singkat.

### Penjadwalan Tidur-Bangun

Tujuan dari teknik ini adalah konservasi energi setiap node dengan membuatnya tetap tidur saat tidak berkomunikasi. Ini meningkatkan masa pakai jaringan. Salah satu masalah investigasi penting dalam Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) adalah teknik penjadwalan tidur/bangun, yang dimaksudkan untuk membatasi waktu mendengarkan saat tidak aktif. Tujuan penjadwalan tidur/bangun adalah untuk menyesuaikan waktu bangun sensor guna mengurangi kehilangan tersebut. Banyak pendekatan penjadwalan tidur/bangun telah dikembangkan. Metodologi tersebut secara umum terbagi dalam tiga kategori.

### **Pendekatan Bangun Berdasarkan Permintaan**

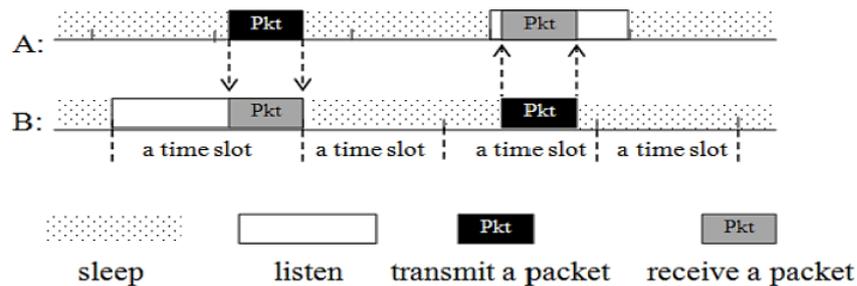
Sinyal di luar pita digunakan dalam pendekatan bangun berdasarkan permintaan untuk membangunkan node yang sedang tidur berdasarkan permintaan. Misalnya, penyetalan node pada saluran halaman dapat dibangunkan dengan bantuan sinyal paging. Sistem ini sangat hemat energi karena radio halaman dapat bekerja dengan lebih sedikit kontrol overhead. Masalah dengan pendekatan ini adalah bahwa pendekatan ini mengalami kompleksitas penggunaan yang meluas.

### **Pendekatan Bangun Sinkron**

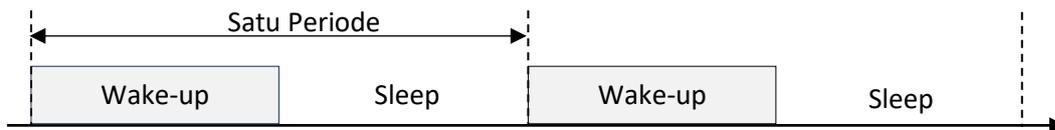
Dalam metodologi bangun sinkron hub yang sedang tidur bangun sebentar-sebentar untuk berbicara satu sama lain. Metodologi semacam itu perlu menyinkronkan hub tetangga untuk menyesuaikan waktu waspada atau waktu istirahat mereka. Hub tetangga mengomunikasikan paket tepat di dalam waktu dinamis normal. Ini memberdayakan hub untuk beristirahat lebih sering tanpa melewatkan paket yang mendekat. Metodologi bangun sinkron mengurangi waktu mendengarkan yang tidak aktif, tetapi sinkronisasi yang diperlukan menambah overhead dan kerumitan. Demikian pula, sebuah node dapat memerlukan bangun pada berbagai kesempatan dari istirahat penuh atau bangun dari panggung, jika tetangganya memiliki jadwal yang beragam.

### **Pendekatan Bangun Asinkron**

Rencana bangun setiap node dikejar sendiri dalam pendekatan bangun asinkron. Ini mengharuskan interim bangun antara tetangga tumpang tindih. Untuk memenuhi prasyarat ini, hub perlu bangun lebih sering dibandingkan dengan metodologi bangun sinkron. Keuntungan dari pendekatan bangun asinkron adalah kemudahan penggunaan, perlunya overhead komunikasi kecil untuk korespondensi dan konfirmasi ketersediaan jika terjadi sistem yang sangat unik. Sebagian besar teknik menggunakan metode urutan pekerjaan untuk secara teratur beralih antara mode tidur dan bangun. Mereka menggunakan siklus kerja. Ini adalah rasio lamanya waktu bangun dalam periode yang telah ditentukan sebelumnya dan total periode yang telah ditentukan sebelumnya. Pendekatan penjadwalan tidur/bangun yang adaptif sendiri juga merupakan salah satu jenis pendekatan asinkron yang tidak menggunakan siklus kerja. Dalam skema ini, sumbu waktu dipartisi menjadi slot. Selama setiap slot, sensor akan secara otomatis memutuskan apakah akan tidur atau bangun berdasarkan pembelajaran yang diperkuat. Gambar 11.6 menunjukkan skenario di mana simpul sensor M berkomunikasi dengan simpul N menggunakan mode tidur dan bangun. Pembukaan jadwal dilakukan oleh setiap simpul secara otonom dan independen. Ada dua hal yang perlu diperhatikan. Hal pertama adalah, di penerima jika slot waktu tidak cukup besar untuk menerima paket, slot akan diperpanjang. Pada hal kedua, ketika simpul menginginkan transmisi paket dan panjang slot lebih panjang, ia membuat keputusan tentang kapan akan mengirimkan paket.



**Gambar 11.6. Cara kerja pendekatan penjadwalan tidur/bangun yang adaptif sendiri**



**Gambar 11.7. Penjadwalan simpul sensor**

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.7, mode yang berbeda adalah:

- Tidur (Sleep): Dalam kondisi tidur, simpul sensor tidak dapat mengirim maupun menerima. Kondisi ini mengonsumsi energi minimum.
- Bangun (Wake-up): Dalam kondisi bangun, sensor dapat mengirim sekaligus menerima paket. Sensor mengonsumsi lebih banyak energi selama kondisi bangun dibandingkan dengan kondisi tidur.
- Penjadwalan Tidur/Bangun: Pada setiap periode untuk menghemat energi, sensor menyesuaikan lama waktu bangun dan lama waktu tidur untuk memastikan transmisi paket yang efisien.

Tidur, dengarkan, dan kirim adalah tiga mode yang umumnya digunakan oleh transceiver radio. Dalam mode tidur, baik pemancar maupun penerima mode dimatikan. Dalam mode dengarkan, penerima hanya dihidupkan dan dapat menerima paket saat pemancar dimatikan. Dalam mode transmisi, baik pemancar maupun penerima dihidupkan. Node mengonsumsi energi paling sedikit dalam mode tidur. Node mengonsumsi energi sedang dalam mode mendengarkan. Node mengonsumsi energi paling banyak dalam mode transmisi.

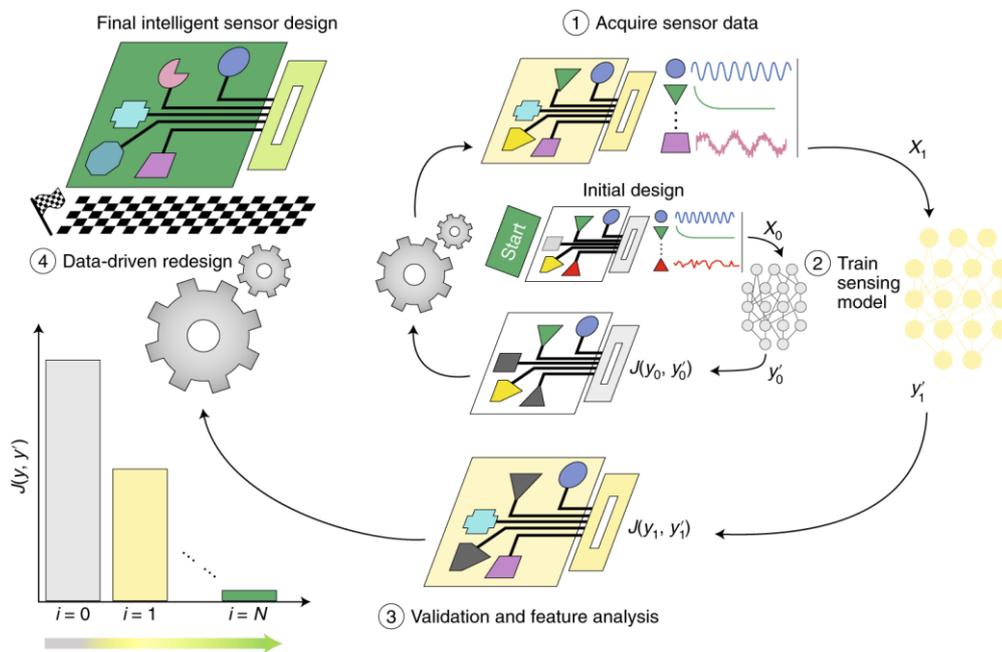
### **Penginderaan Renggang Cerdas Berbasis Prediktor Konteks**

Teknologi penginderaan renggang berbasis prediktor konteks pada chip memastikan jaminan statistik dengan memanfaatkan teknologi transmisi cerdas yang menggunakan fitur-fitur yang ada dalam data untuk kalkulasi interval kepercayaan. Peningkatan tren dalam IoT memungkinkan aplikasi untuk memahami situasi hiperkonektivitas jauh lebih cepat daripada prediksi. Salah satu perhatian utama dalam kasus tersebut adalah organisasi data.

Jumlah data yang dihasilkan sangat besar, karena pengamatan terus-menerus terhadap parameter fisiologis. Manajemen yang tidak tepat dari kumpulan data yang sangat besar ini menghasilkan skenario hiperkonektivitas. Penulis telah mengatasi masalah ini dengan memperkenalkan arsitektur cerdas untuk transmisi dan teknologi penginderaan cerdas berdasarkan prediktor konteks pada chip. Teknologi ini memanfaatkan mekanisme penginderaan renggang cerdas untuk mengurangi jumlah data yang berlebihan.

Jadi, kuantitas data yang dihasilkan berkurang. Dari fitur data, ia menghitung interval kepercayaan yang memastikan jaminan statistik. Oleh karena itu, tanpa kehilangan jaminan statistik dalam data yang dikumpulkan, ia mengurangi penginderaan data yang tidak perlu. Teknik ini menggunakan sistem akuisisi dan transmisi data EKG untuk analisis kinerja. Ketika data dikumpulkan dari 10 pasien, teknik ini menghemat 72% energi dengan mengurangi siklus kerja unit penginderaan menjadi 27,99%.

Gambar 11.8 menunjukkan arsitektur prediktor konteks berbasis on-chip penginderaan sparse cerdas dan teknik transmisi cerdas. Merekonstruksi sinyal asli dari sampel yang lebih sedikit adalah ide utama di balik pengambilan sampel sparse. Protokol pengambilan sampel memungkinkan sensor untuk hanya menangkap informasi yang diperlukan dengan sangat efisien. Data EKG berisi fitur-fitur penting seperti P-R, QRS, dan QT. Dengan mengumpulkan jumlah sampel minimum, arsitektur tersebut terutama menangkap fitur-fitur ini.



**Gambar 11.8. Arsitektur penginderaan jarang cerdas dan transmisi cerdas berbasis prediktor konteks pada chip**

### Modulasi

Sebagai bagian penting dari lapisan fisik, transceiver bluetooth berada dalam ruang aktif analisis terkini dalam mekanisme bluetooth. Konsumsi daya setiap sirkuit dan sinyal dipertimbangkan selama proses ini. Untuk konsumsi energi terkecil, urutan modulasi optimal telah diperoleh dengan memanfaatkan hubungan antara kapasitas saluran dan rasio sinyal terhadap derau serta perhitungan numerik. Dengan menggunakan koneksi nirkabel berenergi rendah seperti bluetooth, masa pakai baterai dalam sensor IoT telah dianalisis dengan mempertimbangkan beberapa waktu transaksi untuk pengirim yang berisi pengeluaran daya yang sangat beragam. Untuk semua perangkat pintar yang lebih hemat bandwidth, Multiple frequency-shift keying (MFSK) dan Gaussian frequency shift keying (GFSK) telah diidentifikasi

sebagai solusi energi rendah. Operasi transmisi telah diklasifikasikan dalam tiga status yaitu, transien, tidur, dan aktif, untuk pemodelan konsumsi energi per bit dalam bluetooth low energy (LE). Waktu transien sangat kecil dibandingkan dengan waktu aktif. Jadi, dalam model tersebut, energi yang dikonsumsi dalam status transien telah diabaikan. Di sisi lain, dalam kondisi tidur jumlah energi yang dikonsumsi juga sangat sedikit dibandingkan dengan kondisi aktif. Jadi, energi yang dikonsumsi dalam kondisi tidur juga telah diabaikan. Model ini terutama difokuskan pada konsumsi energi pada pemancar dalam mode aktif daripada penerima. Dengan menggunakan model tersebut, kinerja Multiple phase-shift keying (MPSK) dan MFSK telah dianalisis sehubungan dengan konsumsi energi pada perangkat IoT. Untuk komunikasi jarak jauh MFSK mengonsumsi lebih sedikit energi dibandingkan dengan MFSK tetapi untuk komunikasi jarak pendek MFSK tidak berkinerja baik. Untuk modulasi GFSK ini sangat cocok. Dalam GFSK, Non-Return Zero (NRZ) diperoleh dari sinyal input. Kemudian sebelum modulasi MFSK, filter Gaussian diterapkan. Transisi mendadak dalam sinyal input dihaluskan oleh filter Gaussian. Jadi, lebar spektrum menjadi terbatas dan lebih sedikit daya yang dikonsumsi dalam pemancar. Itu menjadikan GFSK pilihan yang baik untuk aplikasi IoT di mana transmisi perangkat pendek.

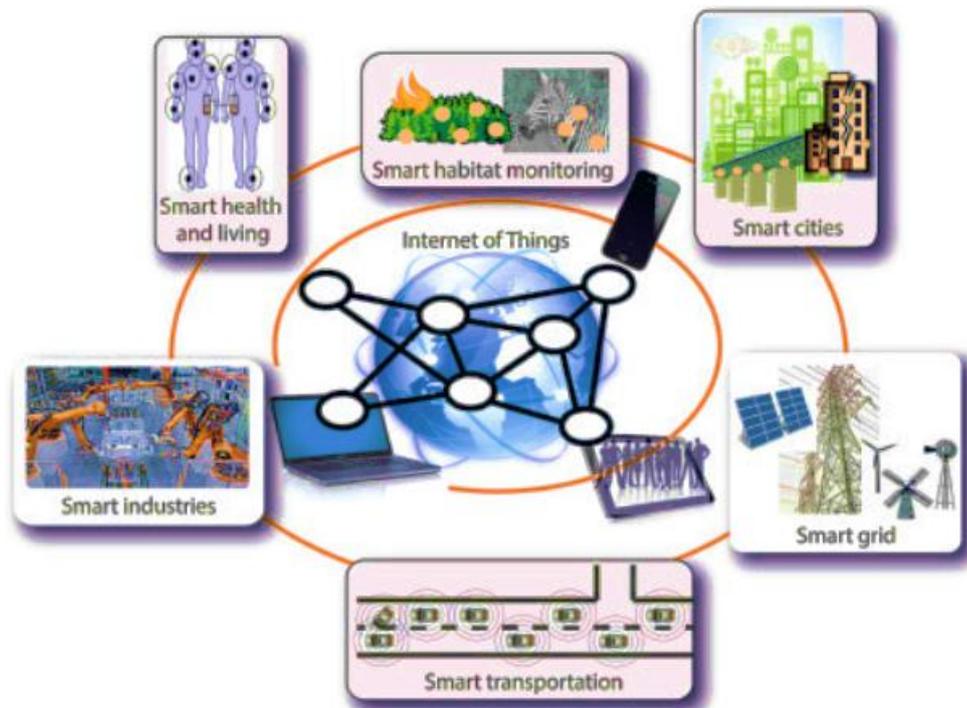
### **Pemanenan Energi**

Kelemahan utama perangkat bertenaga baterai adalah masa pakai baterai yang sangat pendek dan sejumlah besar energi diperlukan saat perangkat IoT berkomunikasi satu sama lain. Oleh karena itu, perangkat beroperasi selama jangka waktu tertentu selama baterai tidak habis. Pemanenan energi merupakan solusi yang menjanjikan dari masalah ini. Memanen energi dari satu atau lebih sumber alami seperti matahari, termal, udara, dan sebagainya, atau sumber energi lainnya (panas tubuh, dan sebagainya), disebut proses pemanenan energi. Selama proses ini, energi yang terkumpul diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Jadi, dengan memanen energi, masa pakai sistem IoT dapat diperpanjang. Desain struktural pemanen energi yang berbeda adalah:

- a. Struktur Pemanenan dan Penggunaan: Ini diterapkan saat energi dikonsumsi segera setelah dipanen. Fasilitas penyimpanan energi tidak tersedia dalam struktur ini. Misalnya, pertimbangkan sistem di mana menggunakan energi dari penekanan tombol, paket ditransmisikan. Contoh lain mungkin adalah penggilingan tepung yang menggunakan tenaga air.
- b. Panen-Simpan-Gunakan dengan Struktur Penyangga Energi Ideal: Struktur ini digunakan saat energi dipanen dan disimpan. Dalam kebanyakan kasus, pola pemanenan energi tidak sama dengan konservasi energi. Dalam keadaan seperti itu, struktur ini menjadi sangat berguna. Perangkat dapat menggunakan energi yang disimpan. Dalam penyangga ideal, sejumlah energi dapat disimpan dalam perangkat. Tidak ada kebocoran energi seiring waktu dan juga tidak ada inefisiensi saat pengisian daya.
- c. Panen-Simpan-Gunakan dengan Struktur Penyangga Energi Non-Ideal: Struktur panen dan penggunaan serta Panen-simpan-Gunakan dengan struktur penyangga energi ideal adalah dua teknik ekstrem. Untuk skenario praktis, hal ini tidak berlaku. Dalam

struktur ini, jumlah energi yang disimpan terbatas. Ada beberapa kebocoran energi dan efisiensi energi kurang dari 1.

Gambar 11.9 mengilustrasikan prosedur pemanenan energi untuk Internet of Things. Untuk meningkatkan efisiensi energi dan masa pakai sistem IoT, berbagai sumber pemanenan energi digunakan. Sistem ini menggunakan sumber energi alami seperti sinar matahari, aliran udara, dll., atau sumber energi lain seperti pernapasan, gerakan, dan perbedaan suhu, dll. Energi surya menyediakan sebagian besar energi dengan tingkat efektivitas yang sangat tinggi. Energi surya merupakan sumber energi lingkungan yang paling efisien. Sinar matahari dipanen dengan memanfaatkan sel surya atau fotovoltaik (PV). Untuk transfer energi surya yang dipanen secara efektif ke baterai isi ulang dari pemanen, digunakan sirkuit pelacak titik daya maksimum (MPPT).



**Gambar 11.9. Prosedur pemanenan energi untuk Internet of Things**

Energi termal berasal dari panas. Untuk memanen energi termal, digunakan teknik termoelektrik dan piroelektrik. Dengan menggunakan teknik termoelektrik seebeck effect secara langsung mengubah variasi suhu menjadi energi yang dapat digunakan. Kecakapan pemanenan termoelektrik sekitar 5-8%. Perangkat termoelektrik digunakan dalam aplikasi terestrial dan luar angkasa. Ada minat yang semakin besar untuk pengembangan sensor otonom yang dapat digunakan dalam jangka panjang yang sangat efektif untuk berbagai aplikasi. Di dalam bank baterai terpusat atau perangkat penyimpan energi kecil lainnya, daya disimpan dan dikelola secara lokal dalam banyak kasus. Sensor otonom ditujukan untuk pengamatan iklim dan atmosfer di udara terbuka. Sensor IoT dapat dipasang dalam situasi di mana penggantian baterai oleh kelompok pendukung tidak memungkinkan. Oleh karena itu, energi udara dapat digunakan untuk mengisi daya perangkat IoT.

### **Pemanenan Energi Nirkabel RF Berbasis Sakelar Sumber Hibrida (rfweh)**

Node sensor dapat melakukan operasi seperti pemrosesan, penginderaan, dan komunikasi. Karena perangkat ini dibuat untuk bekerja tanpa pengawasan selama bertahun-tahun, perpanjangan masa pakai baterai sangat penting. Pemanenan energi nirkabel RF memberikan solusi untuk masalah tersebut. Proses ini dikenal sebagai pemanenan energi Nirkabel RF (RFWEH). Sumber daya rendah lebih disukai dalam teknik RFWEH dan secara adaptif beralih di antara sumber RF daya tinggi.

Dalam RFWEH, sebuah node bergantung pada faktor-faktor seperti faktor kehilangan jalur, level daya pemancar, frekuensi pembawa, jarak dari pemancar, dll. Oleh karena itu, sangat penting untuk mencari sumber pemancar yang akan menghasilkan hasil yang paling efektif. Agar pasokan yang paling sesuai terkunci untuk memanen energi RF, diperlukan pemindaian spektrum. Untuk menyediakan solusi berkelanjutan dalam jaringan IoT, pemanenan multi-band, antena penguatan tinggi, dan pembentukan berkas energi digunakan dalam sistem pemanenan RF komersial.

Ada berbagai kelebihan dan kekurangan dari setiap sumber energi sekitar. Jadi, ketika sistem bergantung pada satu sumber energi, sistem akan menghadapi kesulitan. Misalnya, jika beberapa perangkat bergantung pada energi matahari, perangkat akan menghadapi kelangkaan energi saat cahaya tidak mencukupi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan jaminan energi perangkat IoT, perlu menyediakan beberapa sumber energi. Dalam teknik pemanenan energi nirkabel RF berbasis sakelar sumber Hibrida, perangkat secara adaptif beralih dari satu sumber energi ke sumber energi lainnya.

Hal ini meningkatkan kinerja sistem serta efisiensi energi. Dalam skema ini, sumber RFWEH dialihkan secara adaptif. Skema ini diterapkan pada setiap node. Skema memainkan peran penting jika ada variasi saluran atau fisik di node. Beberapa contoh variasi tersebut adalah, efek atau interferensi Doppler, efek memudar, pemutusan tautan sumber, dan mobilitas node.

### **Pengolahan Data dan Berbasis Lapisan Jaringan**

Teknik konservasi energi yang bekerja pada lapisan ini adalah, transmisi data awal, kompresi data berdasarkan kompresi delta, teknik mobile sink, metode DRX yang adaptif sendiri, teknik berbantuan relai, akses acak hemat energi, penjadwalan yang memperhatikan prioritas berdasarkan logika fuzzy, penskalaan tegangan berlebih, teknik komputasi perkiraan, teknik berbasis permintaan ulang otomatis, teknik pembalikan waktu, teknik perutean, penjadwalan dinamis berdasarkan MAC, permintaan ulang otomatis kirim-tunggu, dan teknik transmisi redundan berbasis kode jaringan. Di bagian ini, skema tersebut telah disajikan secara singkat.

### **Transmisi Data Awal (EDT)**

Dengan tujuan meminimalkan latensi mMTC (massive machine type communication) dan penggunaan daya dalam jaringan seluler, 3GPP saat ini sedang menyelidiki teknik transmisi data awal (EDT) untuk menggunakan fungsionalitas LTE dengan radio baru 5G (generasi ke-5). Sebelum kontrol sumber daya radio (RRC), pengaturan koneksi diselesaikan dan setelah transmisi saluran akses acak fisik (PRACH), proses akses acak dilakukan. Selama

proses ini, EDT digunakan dalam transmisi data downlink dan uplink. Sebelum pengaturan formal tautan data, selama prosedur akses acak, sejumlah kecil pertukaran data dapat dicapai dengan EDT .

EDT digunakan dalam IoT atau jaringan sensor nirkabel yang mendukung radio bangun (WuR). Dalam skema ini, paket data berukuran kecil dikodekan bersama dengan alamat penerima bangun (WuRx). Kemudian data tersebut ditransmisikan menggunakan wake-up call (WuC) sebelum MR (radio utama) sepenuhnya terbangun. EDT bekerja dalam dua mode tergantung pada kondisi apakah pengakuan diperlukan pada penerimaan paket kecil.

#### **Penerbitan Data Awal dengan Ack (pengakuan)**

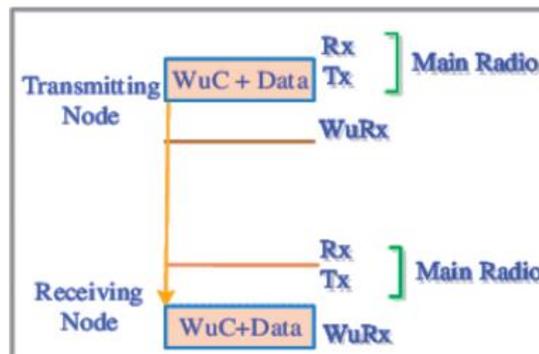
Pada sisi pemancar, data kecil yang akan ditransmisikan dikodekan menggunakan kode deteksi kesalahan seperti CRC. Checksum ditambahkan ke data kecil untuk polinomial CRC yang diberikan. Kemudian, menggunakan alamat WuRx yang dituju, data yang ditambahkan dikodekan. Setelah itu, output dari proses XOR ditransmisikan sebagai bingkai WuC. Ketika diterima, unit pengendali mikro (MCU) dari radio utama (MR) menjalankan fungsi parsial untuk mendekode serta memvalidasi WuC yang diterima. Di sisi penerima, operasi yang berlawanan dilakukan. Penerima melakukan XOR antara paket yang diterima dan alamatnya. Bit output operasi XOR dibagi dengan polinomial yang sama yang digunakan pada pemancar. Ketika hasilnya nol, WuRx mengeluarkan interupsi untuk membangunkan MR sepenuhnya guna mengirim pengakuan (ACK) setelah data berhasil ditransmisikan. Jika hasilnya bukan nol, MCU akan masuk ke mode tidur nyenyak segera setelah proses dekode selesai dengan mempertimbangkan WuC sebagai penerima yang tidak sengaja mendengar. Gambar 11.10 menunjukkan siklus transmisi data EDT dengan ACK.

#### **Transmisi Data Awal Tanpa Ack (Tanpa Pengakuan)**

EDT dengan ACK sesuai untuk Internet of Things/jaringan sensor Nirkabel di mana penerimaan paket yang berhasil perlu diakui. Namun, ACK tidak diperlukan saat transmisi ulang dalam jaringan tidak diperlukan. Jadi, penulis telah mengembangkan variasi lain, yaitu EDT tanpa ACK. Di sini, saat penerimaan data berhasil, penerima tidak mengirim ACK apa pun ke pengirim. Selama mode aktif, transmisi informasi dan ACK berlangsung. Sedangkan, dalam EDT tanpa ACK, transmisi data kecil terjadi tanpa membangunkan MR sepenuhnya. Jadi, ia memiliki keuntungan tambahan berupa latensi yang berkurang dan konsumsi daya yang lebih sedikit.



**Gambar 11.10. Siklus transmisi data EDT dengan ACK**



**Gambar 11.11. Siklus transmisi data EDT tanpa ACK**

### **Kompresi Data Berdasarkan Kompresi Delta**

Dalam kasus IoT, konsumsi energi tidak hanya penting dari sudut pandang catu daya, tetapi juga penting dari sudut pandang jaringan. Data mentah terus-menerus diumpankan ke berbagai aplikasi dari beberapa sensor. Jadi, sangat penting untuk mengurangi data yang akan dikirim untuk meningkatkan kerja sama di antara node sensor yang bekerja di hub data yang sama dan untuk menghindari saturasi. Untuk kompresi data, penulis telah mengembangkan algoritma ringan yang didasarkan pada sistem pengkodean delta. Dalam lingkungan IoT, pengkodean delta adalah teknik untuk menghemat energi, menghasilkan penghematan energi hingga 85%.

### **Teknik Penyerapan Bergerak**

Selama transmisi data menuju penyerap, energi maksimum dikonsumsi. Untuk mengurangi konsumsi energi dalam jaringan sensor nirkabel, banyak peneliti telah menyarankan teknik penyerap bergerak. Mekanisme berbasis logika fuzzy mengatur pergerakan penyerap. Untuk membuat teknik ini lebih praktis, jalur melingkar yang telah ditetapkan sebelumnya digunakan oleh stasiun pangkalan. Skema ini menyarankan pergerakan berbasis logika fuzzy untuk stasiun pangkalan.

Stasiun pangkalan dipindahkan dalam jalur melingkar yang telah ditetapkan sebelumnya. Arah pergerakan stasiun pangkalan dikendalikan oleh mekanisme inferensi berbasis logika fuzzy. Mekanisme inferensi berbasis fuzzy menggunakan dua masukan yaitu, jarak dari stasiun pangkalan dan energi residual node. Node yang memiliki jarak lebih jauh dari stasiun pangkalan telah diberi prioritas lebih tinggi. Node yang memiliki energi lebih sedikit telah diberi prioritas lebih tinggi. Jarak dari stasiun pangkalan dan energi residual node adalah dua masukan yang digunakan dalam mekanisme inferensi fuzzy.

Awalnya, sejumlah himpunan fuzzy diperoleh dengan fuzzifikasi data masukan. Untuk dua variabel masukan, tiga subset fuzzy telah dipilih. Tiga subset tersebut adalah, Tinggi, Sedang, dan Rendah. Untuk variabel keluaran, Sangat Tinggi, Tinggi, Sedang, Rendah, Sangat Rendah adalah subset yang dipilih. Pergerakan stasiun pangkalan terjadi menuju kepala kluster prioritas tertinggi. Selama pergerakan ini, jalur melingkar yang telah ditentukan sebelumnya diikuti oleh stasiun pangkalan. Fungsi keanggotaan yang digunakan di sini berbentuk segitiga.

### **Metode Drx yang Beradaptasi Sendiri**

Metode yang beradaptasi sendiri menggunakan mekanisme penerimaan terputus-putus (DRX) pada perangkat M2M untuk menghemat daya baterai dengan menggabungkan mekanisme siklus DRX yang diperpanjang dan tradisional. Optimalisasi Konsumsi Daya UE merupakan salah satu masalah penting dalam WI. Perpanjangan siklus DRX dalam mode siaga merupakan metode yang paling berguna dan mudah untuk mengatasi masalah ini. Hal ini karena, jumlah energi maksimum dikonsumsi untuk mendengarkan kemungkinan pesan paging.

Jadi, jika selama mode siaga siklus DRX diperpanjang dengan nilai yang lebih panjang, masa pakai baterai UE juga akan diperpanjang. Untuk mendukung siklus DRX yang diperpanjang yang digunakan dalam UE, siklus transmisi paging disesuaikan. Namun, latensi tinggi dalam penerimaan pesan paging terjadi karena siklus DRX yang lebih panjang. Masalah lain dengan siklus DRX yang diperpanjang adalah menyebabkan penundaan yang lebih besar untuk transmisi ulang yang berhasil. Mekanisme DRX yang adaptif sendiri merupakan campuran dari mekanisme siklus DRX normal dan siklus DRX yang diperpanjang.

Selama setiap siklus DRX yang diperpanjang, yang menggabungkan mekanisme DRX normal dan siklus DRX yang diperpanjang, UE akan bangun dua kali. Waktu pertama adalah siklus DRX normal untuk mendeteksi permintaan transmisi ulang yang dikontrol oleh eNB. Pensinyalan RAN mengontrol periode bangun kedua. Campuran dari dua jenis DRX membantu menghilangkan keterbatasan DRX yang diperpanjang. Jadi, ia menyediakan waktu transmisi ulang yang lebih singkat. Seluruh kebutuhan QoS tidak dapat dipenuhi oleh skema tersebut. Untuk menghindari pemborosan daya, layanan yang toleran terhadap penundaan memerlukan DRX yang diperpanjang selama diperlukan.

Di sisi lain, siklus DRX yang lebih pendek diperlukan untuk layanan darurat. Dalam skema ini, panjang siklus DRX yang diperpanjang dan siklus DRX normal dapat diubah sesuai dengan siklus DRX normal dan diperpanjang terakhir. Selama siklus terakhir jika tidak ada pesan paging yang diterima, siklus DRX normal maupun diperpanjang menjadi lebih panjang.

### **Teknik Berbantuan Relai**

Komunikasi Device-to-Device (D2D) berbantuan relai telah menarik banyak perhatian dari komunitas peneliti karena kemampuannya untuk mengurangi kendala interferensi dan meningkatkan komunikasi D2D dalam jaringan seluler. Untuk meningkatkan koeksistensi komunikasi seluler dan IoT-D2D, kendala probabilitas pemadaman telah digunakan dalam skema tersebut. Dalam kasus transmisi IoT-D2D berbantuan relai yang mendasari jaringan seluler, skema tersebut menyediakan trade-off efisiensi energi.

Untuk meningkatkan kinerja pengguna seluler dan pengguna D2D, skema tersebut menggunakan kendala. Kendala ini diterapkan terhadap kendala daya interferensi untuk memungkinkan kinerja komunikasi seluler. Oleh karena itu, skema alokasi daya dinyatakan sebagai masalah optimasi. Dengan kendala pemadaman, skema tersebut memaksimalkan efisiensi energi komunikasi IoT-D2D. Melalui simulasi, diamati bahwa skema tersebut mengungguli sistem jaringan nyata.

### **Akses Acak Hemat Energi**

Dengan menggunakan nilai timing advance (TA) dalam jaringan IoT stasioner berbasis LTE, skema (Park et al., 2018) memberikan prioritas akses yang lebih tinggi ke perangkat yang jauh dibandingkan dengan perangkat yang dekat dengan eNodeB. Skema ini memerlukan sedikit modifikasi pada sinyal akses acak (RA). Dalam skema ini, untuk setiap preamble eNodeB menyimpan indeks tertinggi grup TA di antara semua indeks yang terdeteksi. Perangkat yang membutuhkan daya lebih besar untuk mentransmisikan kemungkinan akan dipilih. Skema ini akan mengurangi kemungkinan soft collision pada perangkat.

### **Penjadwalan Berbasis Priority Aware Berdasarkan Logika Fuzzy**

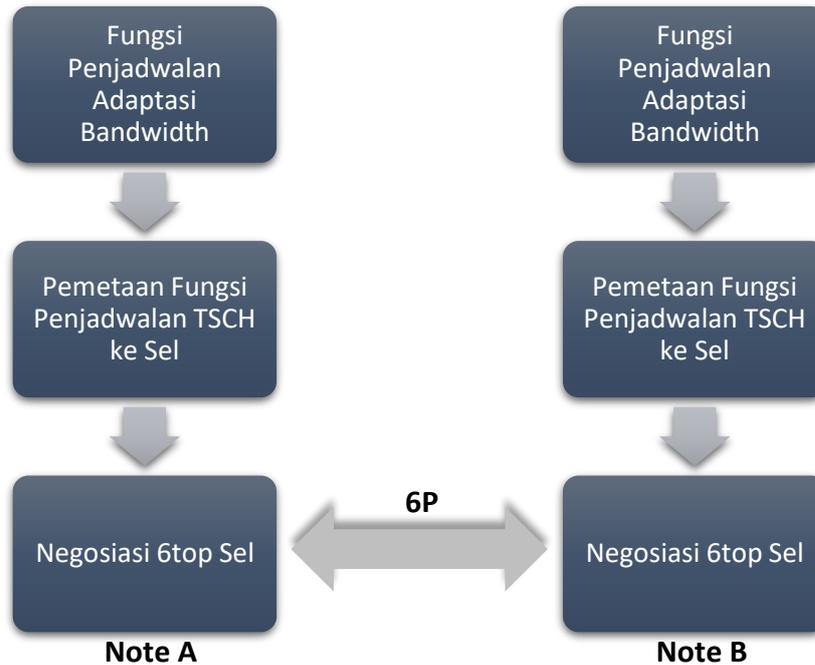
Teknologi Time Slotted Channel Hopping (TSCH) digunakan untuk mengurangi konsumsi daya serta meningkatkan keandalan komunikasi. Penjadwalan komunikasi setiap node merupakan bagian penting dari TSCH. Untuk penjadwalan TSCH, penulis telah mengembangkan skema penjadwalan berbasis Fuzzy priority aware (FPAS). Untuk menentukan prioritas suatu node, rumus logika fuzzy digunakan dalam skema ini. Berdasarkan jumlah trafik yang dihasilkan dan prioritas, skema ini mengalokasikan slot.

### **Algoritma Penjadwalan Berbasis Prioritas Berbasis Fuzzy (fpas)**

Prioritas node dihitung menggunakan logika fuzzy dalam prosedur penjadwalan FPAS-TSCH. Berdasarkan rincian lalu lintas dan prioritas yang dihitung, jumlah slot yang diperlukan dialokasikan untuk node. Algoritma ini telah dirancang dengan mempertimbangkan asumsi berikut:

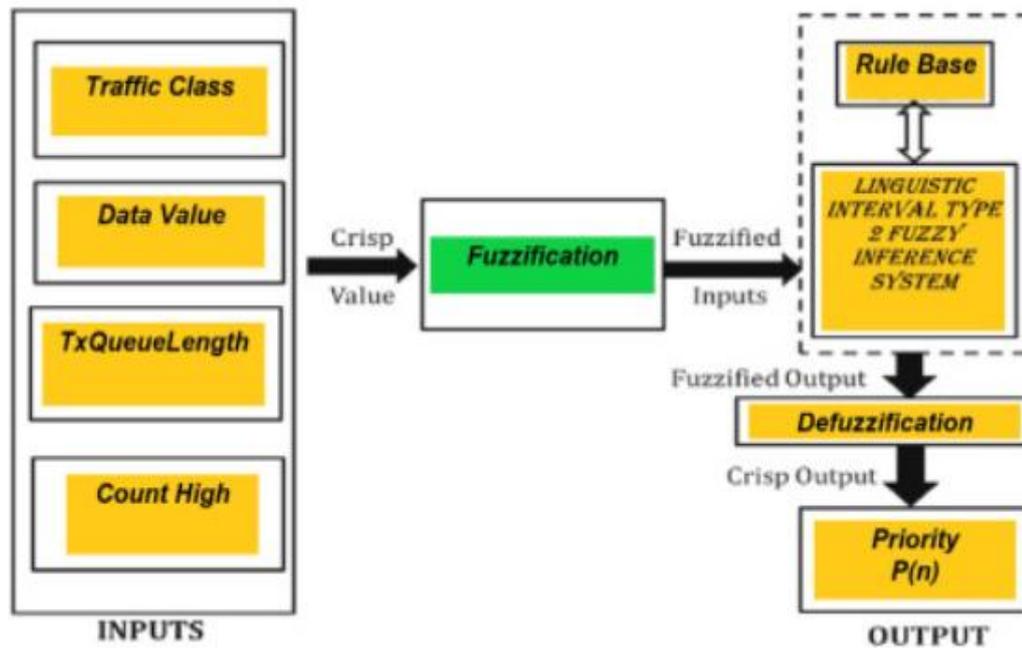
- a. Lalu lintas telah diklasifikasikan menjadi enam kelas dari TC0 hingga TC5. TC0 menandakan keselamatan. TC1 dan TC2 menandakan kontrol dan TC3 hingga TC5 menandakan pemantauan. Karena TC0 merupakan lalu lintas yang sangat penting, maka TC0 memiliki prioritas tertinggi. TC5 memiliki prioritas terendah.
- b. Setiap node yang disebarkan secara acak termasuk dalam salah satu klaster, tergantung pada kelas lalu lintas.
- c. Dalam kasus TC0, node melakukan transmisi data hanya jika merasakan penyimpangan dari perilaku tradisional. Jika tidak, node tetap dalam mode tidur.
- d. Transmisi tidak dapat dilakukan oleh dua node yang berkonflik pada saluran yang sama pada slot waktu yang sama.
- e. Sebelum transmisi, setiap node harus memiliki paket.

Struktur dasar penjadwalan berbasis fuzzy yang sadar prioritas ditunjukkan pada Gambar 11.12. Komponen kerangka kerja FPAS adalah, pembuat skenario, pemancar prioritas adaptif, algoritma estimasi sel, algoritma alokasi, dan transisi 6P.



**Gambar 11.12. Kerangka Kerja Dasar FPAS**

- a. **Pembuat Skenario:** Pertama-tama, modul menetapkan prioritas dan kategori lalu lintas setiap node. Node pertama adalah node akar (atau sink) dan ID-nya ditetapkan ke nol. Dari 0 hingga 5, node tersebut tidak termasuk dalam kategori lalu lintas mana pun. Jadi, -1 telah ditetapkan sebagai kategori lalu lintasnya. Di area tengah, node akar ditempatkan. Prioritas setiap node lainnya ditetapkan ke 'Rendah'. Setiap node secara acak memilih kategori trafik (0 -5). Setiap node pertama kelas trafik berfungsi sebagai kepala klaster dan ditempatkan satu hop dari node akar. Node baru ditempatkan di salah satu klaster dan terhubung dengan tiga tetangga.
- b. **Estimator Prioritas Adaptif:** Saat paket baru dibuat, ia menghitung parameter prioritas untuk node dengan mempertimbangkan parameter seperti, jumlah paket data yang memiliki prioritas tinggi dalam antrian, jenis antrian, nilai data, dan jenis trafik. Untuk mengurangi kompleksitas komputasi sistem, model fuzzy Sugeno orde nol digunakan. Ia menggunakan rata-rata tertimbang dari hanya beberapa titik data untuk menemukan centroid alih-alih integrasi di seluruh fungsi dua dimensi. Fungsi keanggotaan keluaran adalah konstanta dan direpresentasikan oleh fungsi model orde nol. Jenis keluaran ini dikenali sebagai himpunan fuzzy pra-defuzzifikasi dan disebut sebagai fungsi keanggotaan singleton.



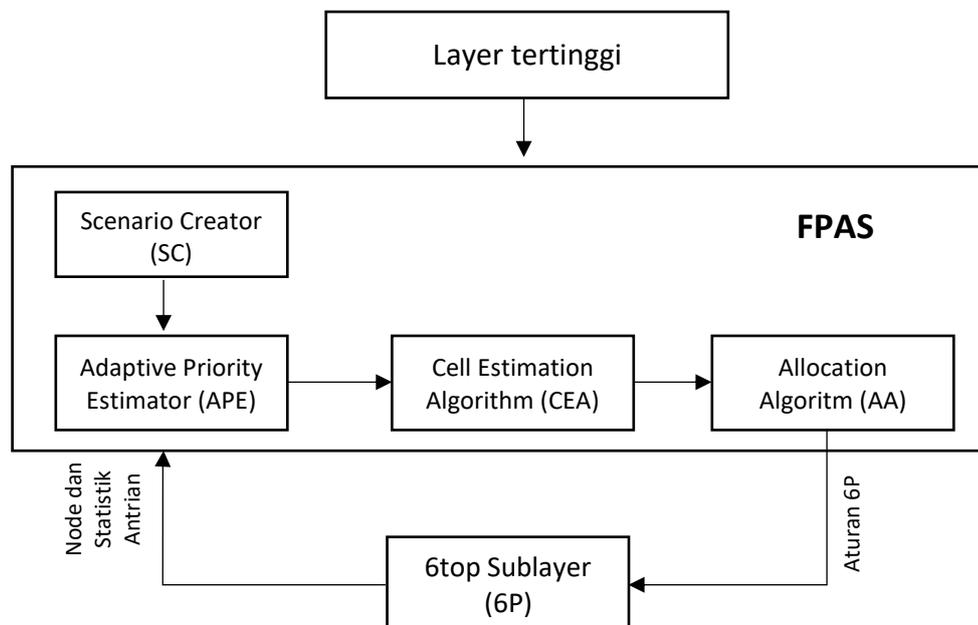
**Gambar 11.13. Model fuzzy Adaptive Priority Estimator (APE)**

Pada gambar 11.13 model logika fuzzy untuk Adaptive Priority Estimator telah disajikan. CountHigh (NHP), TxQueueLength (QLTx), data\_value (DV) dan traffic\_class (TC) adalah empat variabel yang bertindak sebagai input untuk perhitungan prioritas node. Blok model fuzzy telah dibahas di bawah ini,

1. **Fuzzification:** Fungsi keanggotaan Sugeno digunakan untuk mendapatkan nilai fuzzy dari nilai input yang tegas. Untuk parameter input, fungsi keanggotaan segitiga digunakan dalam APE.
2. **Sistem inferensi fuzzy:** Menggunakan definisi aturan dalam basis aturan, ia memetakan input fuzzified ke output fuzzified yang sesuai dengan prioritas  $P(n)$  yang diperbarui.
3. **Basis Aturan:** Ini adalah serangkaian aturan potensial yang digunakan oleh sistem inferensi fuzzy untuk memetakan output fuzzified dari input fuzzified.
4. **Algoritma Estimasi Sel:** Menentukan jumlah sel yang dibutuhkan untuk tetangga. Informasi penting seperti paket data prioritas lebih tinggi diharapkan mencapai tujuan tepat waktu. Ketika beberapa node menghasilkan atau menerima paket data dengan prioritas lebih tinggi, node tersebut meminta sel tambahan untuk mengirimkan paket prioritas tinggi secepatnya dan sebaliknya.
5. **Algoritma Alokasi:** Dari algoritma estimasi sel (CEA), jumlah sel yang dibutuhkan dimasukkan ke algoritma alokasi (AA). Algoritma ini memutuskan kapan akan melakukan proses penambahan atau penghapusan. CEA mengaktifkan AA, setiap kali prioritas node menyimpang dari rendah ke tinggi atau sebaliknya. Algoritma AA mencoba mengurangi ketidakstabilan dalam CEA seperti penghapusan tanpa henti atau penambahan sel melalui penyediaan sel berlebih dengan ambang batas.
6. **Transaksi 6P:** Ini adalah negosiasi antara dua node untuk operasi ADD/DELETE 6P. Ini memiliki dua langkah. Contohnya ditunjukkan pada gambar 11.14.

Setelah menjalankan algoritma alokasi, node A mengetahui bahwa empat sel lagi perlu dijadwalkan dengan node B. Enam sel kandidat dipilih oleh Node A. Sel-sel kandidat ini dikunci hingga menerima balasan 6P. Permintaan ADD 6P dikirim oleh node A ke node B. Permintaan tersebut menunjukkan daftar enam sel kandidat, jumlah paket data dengan prioritas tinggi = 4, prioritas node A = 2, dan jumlah sel yang ingin ditambahkan A = 4. Node B mengakui (L2ACK) permintaan ADD oleh node A. Ketika Permintaan ADD berhasil dikirim, 6PTimeout dimulai oleh node A untuk membatalkan transaksi 6P.

Node B mengeksekusi algoritma FPAS. Kekritisan lalu lintas ditentukan oleh node B berdasarkan prioritas node A. Nilai prioritas yang lebih rendah menunjukkan bahwa ada kebutuhan segera untuk pengiriman data. Jadi, dari enam sel, empat sel dipilih oleh node B. Kemudian B memberi tahu node A tentang sel yang dipilih dengan mengirimkan respons 6P kepadanya. Hingga transmisi berhasil dalam jadwalnya, sel-sel dikunci oleh node B. Sebagai hasilnya dalam jadwal TSCH, penambahan empat sel terjadi menuju node B dari node A.



**Gambar 11.14. Contoh Transaksi 6P ke FPAS**

### Algoritma FPAS

Untuk setiap paket data, nilai prioritasnya dihitung dan nilai tersebut dimasukkan ke dalam payload-nya. Sebuah node pertama-tama mencari tahu apakah ada paket berprioritas tinggi dalam antreannya. Jika ada, node tersebut menghitung jumlah paket tersebut. Kemudian, node tersebut memindahkan paket berprioritas tinggi ke bagian depan antrian. Node tersebut menggunakan nilai prioritas dan jumlah paket berprioritas tinggi untuk memperkirakan jumlah sel yang akan dialokasikan. Setelah itu, transmisi paket berprioritas tinggi akan dimulai.

### Voltage Over Scaling

Dalam proses Voltage Over Scaling (VOS), untuk mengurangi konsumsi daya perangkat IoT, tegangan suplai gerbang sirkuit dikurangi secara paksa. Jalur pengaturan waktu dan

pelanggarannya dikelola di sini. Proses ini mengasumsikan kemungkinan kesalahan maksimum yang dapat ditoleransi pada titik akhir jalur pengaturan waktu. Analisis pengaturan waktu statis dilakukan untuk mengetahui jalur pengaturan waktu yang titik akhirnya gagal dan berapa tegangan suplainya. Setelah itu, probabilitas terjadinya kesalahan karena jalur yang gagal pada titik akhir tersebut ditemukan. May et al. (2016) mengusulkan teknik di mana alih-alih mengurangi ukuran seluruh jaringan, masalah didistribusikan ke bagian-bagian kecil. Setiap bagian diselidiki secara terpisah. Kemudian bagian-bagian yang berbeda digabungkan.

### **Teknik Komputasi Perkiraan**

Dalam teknik komputasi perkiraan hasil perkiraan dihitung alih-alih hasil yang benar karena perbedaan antara keduanya dapat diabaikan. Konsumsi energi dapat dikurangi hingga setengahnya dengan menggunakan perkiraan dengan pembulatan yang efisien. Untuk mengilustrasikan proses tersebut, contoh yang menunjukkan penambahan enam belas bit dengan bantuan penambah delapan bit telah disajikan. Oleh karena itu, dengan menggunakan adder 8 bit dan penjumlahan 16 bit yang diperkirakan dapat dilakukan dengan kesalahan yang sangat kecil.

### **Teknik Berbasis Permintaan Ulang Otomatis (arq)**

Karena frekuensi nirkabel padat, jaringan sensor nirkabel (WSN) memiliki keterbatasan sumber daya yang ketat. Hal ini mengakibatkan kemungkinan tabrakan yang tinggi. Jadi, sangat penting untuk memiliki skema pengiriman data yang andal yang mengurangi penundaan transmisi data dan konsumsi energi. Untuk tujuan ini, skema yang disebut ACK yang hemat energi dan andal (E2R-ACK) telah dikembangkan.

Skema ini lebih menguntungkan dibandingkan dengan skema permintaan ulang otomatis (ARQ) konvensional misalnya, ACK implisit (I-ACK), NACK dan ACK. Skema ini mengatasi masalah transmisi duplikat I-ACK. Dibandingkan dengan NACK, skema ini memiliki penundaan transmisi yang lebih sedikit dan dibandingkan dengan ACK, skema ini mengonsumsi lebih sedikit energi. Properti signifikan E2R-ACK adalah: pencegahan transmisi ulang duplikat, pengendalian kemacetan, dan pemberitahuan kesalahan.

```

M= 0011101001010001
N= 0001001000100010
1st step: LSBs is avoid
M' = 0011101000000000
N' = 0001001000000000
2nd step: M7 and N7 bits round off carry calculate
C = 0
3rd step: Calculate S' with adding up MSBs of
M+N+C
00111010
+00010010
+0
01001100
4th step: Organize S with enough rounding pads 0s
but
Essential
(0100110000000000)2

```

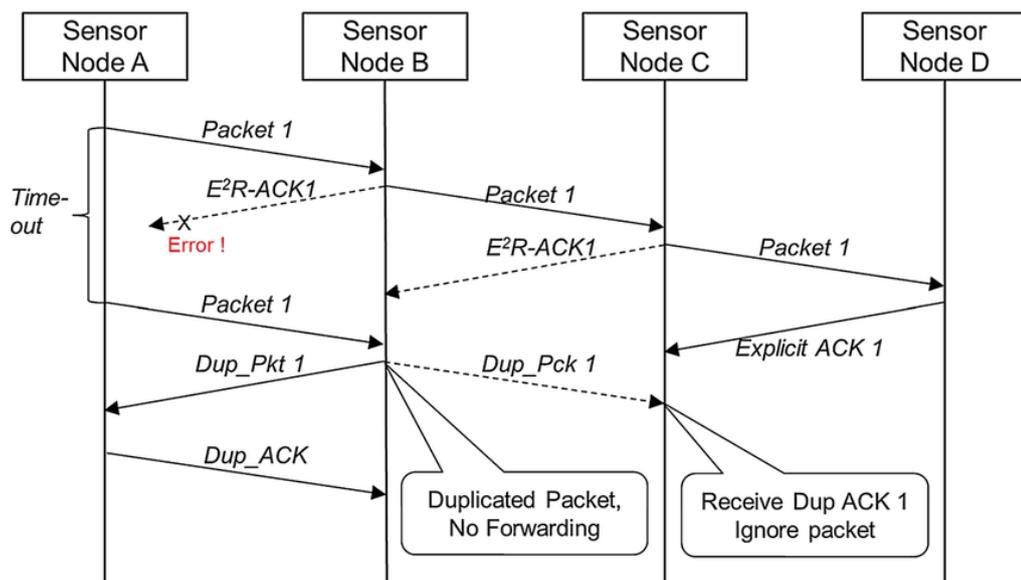
$= (19,456)_{10}$   
 Exact S:  
 $(0100110001110011)_2$   
 $= (19,571)_{10}$

### Pencegahan Pengiriman Ulang Duplikat

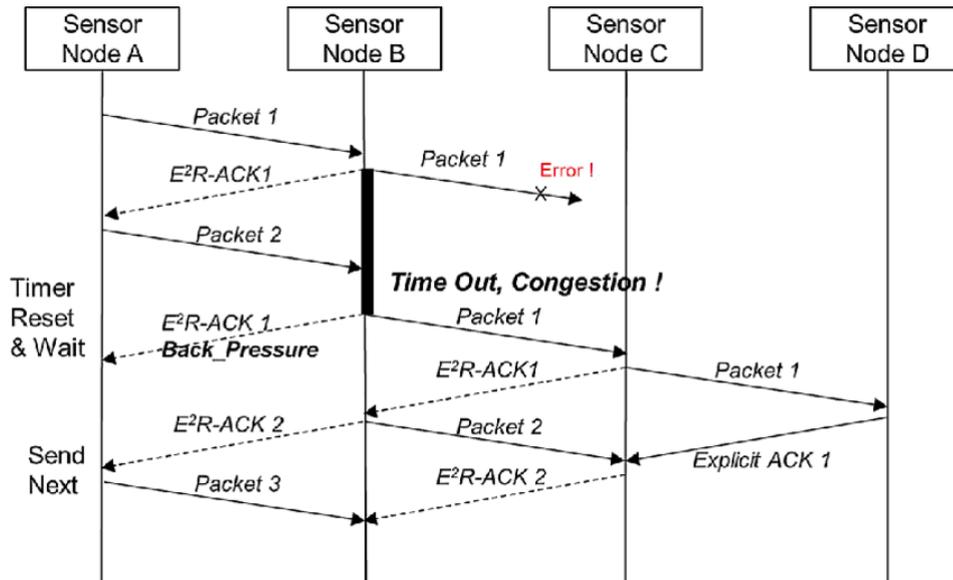
Masalah pengiriman ulang pesan duplikat dan kesalahan pesan I-ACK telah dihilangkan dalam teknik E<sup>2</sup>R-ACK dengan menggunakan Dup\_Pkt. Ketika paket tidak mencapai tujuan yang dituju, paket duplikat dikirimkan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.15, ACK yang dikirimkan oleh node N ke node M hilang. Jadi, node M mengirimkan ulang paket ke node N melalui node perantara. Untuk mengatasi masalah ini, dalam E<sup>2</sup>R-ACK, node yang menerima paket duplikat mengirimkan pesan Dup\_Pkt dan menghentikan penyebaran paket duplikat. Meskipun penggunaan Dup\_Pkt meningkatkan kompleksitas, namun secara signifikan mengurangi penyebaran paket duplikat. Dengan demikian, lebih sedikit energi yang dikonsumsi.

### Kontrol Kemacetan

Penyebab utama kemacetan adalah tautan asimetris. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 16, pengiriman data dari node N ke O menjadi tidak berhasil karena kemacetan di antara keduanya. Namun, node M menerima ACK dari N saat paket mencapai N. Node N menyangga paket. Saat node M menerima ACK, node tersebut mengirimkan paket dengan nomor urut berikutnya. Dalam kasus ini, node N menyimpan paket yang datang kepadanya hingga menerima ACK dari O. Untuk menghindari pengiriman ulang paket1, node N mengirimkan kembali ACK dengan bit Back\_Pressure ke node M. Saat ACK ini diterima oleh node M, node tersebut menyetel pengatur waktu dan menunda pengiriman paket urutan berikutnya hingga pengatur waktu berakhir.



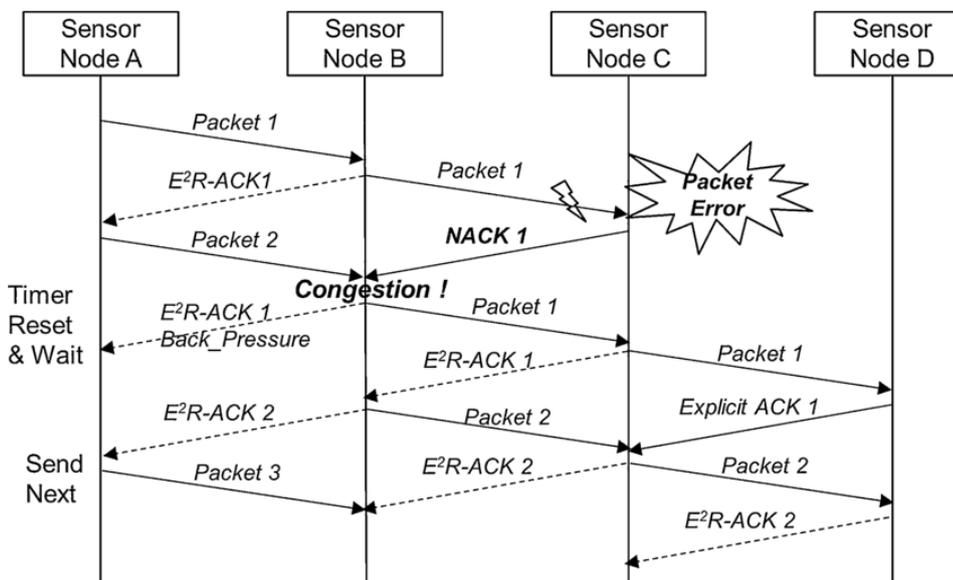
**Gambar 11.15. Pencegahan pengiriman ulang yang diduplikasi melalui Dup\_Pkt**



Gambar 11.16. Kontrol kemacetan melalui Back\_Pressure

**Pemberitahuan Kesalahan**

Untuk menangani paket dengan kesalahan, skema tersebut menggunakan NACK. Penggunaan NACK menghemat energi karena ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan paket data. Selain itu, kemungkinan kesalahan juga lebih kecil. Dari gambar 11.17 dapat diamati bahwa ketika node N menerima pesan NACK dari node O, node tersebut mengirimkan pesan Back\_Pressure ke node M.



Gambar 11.17. Notifikasi kesalahan menggunakan NACK eksplisit

**Teknik Pembalikan Waktu**

Untuk Internet of Things (IoT) yang ramah lingkungan, teknik pembalikan waktu (TR) sangat berguna. Menggunakan propagasi multi jalur, teknik ini mengumpulkan energi sinyal dari sekelilingnya. Arsitektur asimetris TR memiliki tiga bagian yaitu, pemeriksaan saluran,

transmisi data downlink, dan transmisi data uplink. Fase pemeriksaan saluran dilakukan ketika node IoT bergabung dengan jaringan. Fase ini juga dilakukan secara berkala. Setelah fase pemeriksaan saluran selesai, fase transmisi data downlink dimulai. Setelah itu, mekanisme akses jamak pembagian pembalikan waktu digunakan untuk meng-uplink paket data. Karena kompleksitasnya lebih sedikit dan memanen serta menghemat energi, mekanisme ini menjadi ideal untuk perangkat IoT.

### **Teknik Perutean**

Dengan menggunakan teknik perutean yang tepat, energi perangkat IoT dapat dihemat. Teknik perutean dapat berbasis non-kluster dan berbasis kluster. Beberapa skema berbasis non-kluster adalah, Algoritma Perutean Toleran Kesalahan Adaptif Berbasis Lintas Lapisan (i-CLAFTRA) dan Algoritma Sensor Video (VSA). i-CLAFTRA menggunakan arsitektur lintas lapisan untuk menghemat energi dan mengurangi kegagalan jalur karena kelangkaan energi. Dalam i-CLAFTRA, untuk transmisi data antara dua perangkat, beberapa jalur digunakan.

Saat mentransmisikan data, nilai kebaikan jalur yang tersedia dihitung. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan teknik hadiah/penalti dari Learning Automata (LA). Jika nilai kebaikan jalur saat ini lebih besar dari ambang batas tertentu, jalur yang sama digunakan untuk transmisi. Jika tidak, jalur yang memiliki nilai kebaikan terbesar dipilih untuk transmisi. Node yang bukan bagian dari jalur mana pun dipindahkan ke mode tidur. Pembaruan dinamis nilai kebaikan dilakukan. Dalam teknik VSA, sensor video mengumpulkan data saat mendeteksi alarm, gerakan, atau suara di lokasi tempat sensor tersebut dipasang.

Satu skema pemodelan untuk merutekan paket dalam jaringan sensor nirkabel telah disajikan di sini. Skema ini menggunakan daya transmisi yang realistis. Formulasi untuk mencapai alokasi dan perutean saluran yang optimal dengan daya transmisi minimum juga dikembangkan. Ini adalah teknik heuristik. Content Centric Routing (CCR) adalah teknik berbasis kluster. Ini adalah algoritma terdistribusi. Di sini konten menentukan jalur untuk perutean. Menggunakan fungsi objektif, masing-masing node membuat entri perutean untuk setiap konten berdasarkan konten pesan. Ini menghemat energi dan meningkatkan masa pakai jaringan dengan mengurangi transmisi ulang dan transmisi paket data yang berlebihan.

### **Penjadwalan Dinamis Berbasis Mac**

Untuk pemanfaatan node IoT yang efisien, protokol MAC TDMA-CSMA/CA hibrida telah dikembangkan. Protokol ini menetapkan waktu tidur/bangun dinamis berdasarkan variasi beban jaringan. Dalam skema ini, slot waktu TDMA ditetapkan ke satu kelompok node. Kemudian, mereka bersaing untuk mendapatkan akses media. Tabel penjadwal berisi informasi tentang kategorisasi kelompok tidur-bangun. Hal ini memungkinkan hanya sekelompok node yang bersaing untuk mendapatkan akses media. Karena mengurangi jumlah node yang bersaing untuk mendapatkan akses media, kesalahan akses saluran dan jumlah tabrakan akan berkurang. Strategi ini menghemat energi node tersebut.

### **Teknik Transmisi Redundan Berbasis Send-Wait Automatic Repeat Request dan Network Coding**

Skema yang dinamakan protokol transmisi hibrid (HTP) merupakan pendekatan yang merupakan gabungan dari protokol Send-Wait automatic Repeat Request (SW-ARQ) dan pendekatan transmisi redundan berbasis network coding (NCRT). SW-ARQ merupakan teknik untuk meningkatkan keandalan pengiriman data. Hal ini dicapai dengan mengirimkan paket data dan menunggu ACK atau batas waktu sebelum transmisi berikutnya. Dalam NCRT, transmisi paket data berlangsung dengan beberapa tingkat redundansi.

Hal ini meningkatkan keandalan transmisi data tetapi menghabiskan lebih banyak energi. Dalam teknik HIP, NCRT digunakan di zona non-hotspot (jauh dari sink). Di sisi lain, SW-ARQ digunakan di zona hotspot (dekat sink). Hal ini karena SW-ARQ meningkatkan keandalan dan mengurangi konsumsi daya. Energi yang dihemat dapat digunakan untuk mengarahkan lalu lintas dari node yang jauh. Sementara itu, NCRT digunakan untuk mengurangi keterlambatan lalu lintas dari node yang jauh dari tempat penampungan. Dengan menggabungkan NCRT dan SW-ARQ, HTP mengatasi kekurangan keduanya.

### **Teknik Penerusan Berbasis Konteks**

Untuk menentukan konteks data yang diminta, teknik ini menggunakan pendekatan yang berpusat pada data Named Data Networking (NDN). Melalui pendekatan ini, tingkat toleransi aplikasi terhadap data yang tidak akurat dapat diperoleh. Jika sudah ditentukan, keputusan mengenai penggunaan kembali data dari permintaan serupa dan informasi cache dapat dibuat. Hal ini menghasilkan jumlah pengiriman ulang data yang lebih sedikit dan waktu tidur yang lebih lama.

Dalam teknik ini, resolusi nama dimodifikasi menjadi proses tiga tahap yaitu, resolusi nama, klasifikasi berbasis konteks, dan pencocokan tabel penerusan. Untuk melakukan kontrol aplikasi, paket internet diklasifikasikan oleh mesin resolusi domain tergantung pada sifat aplikasi yang meminta. Dalam klasifikasi berbasis konteks, berdasarkan produsen layanan dan sifat aplikasi, pemetaan dilakukan antara node lingkup yang sesuai dan minat. Akhirnya, tergantung pada batas toleransi dan persyaratan aplikasi, pemetaan dilakukan antara permukaan yang sesuai dengan produsen dan simpul lingkup.

Nama aplikasi tempat permintaan berasal dimasukkan ke dalam nama paket yang diinginkan. Ketika gateway menerima paket tersebut, gateway akan mengklasifikasikannya menurut domain yang telah ditentukan sebelumnya dari sifat aplikasi asal. Klasifikasi ini membantu dalam membuat keputusan cerdas mengenai penerusan data, penggunaan kembali data dari perangkat aktif lainnya atau dari cache. Karena tindakan ini, jumlah transmisi data berkurang dan node menghabiskan lebih banyak waktu dalam mode tidur. Oleh karena itu, energi node dihemat.

### **11.3 PERBANDINGAN**

Di bagian ini, teknik-teknik telah dibandingkan sehubungan dengan kelebihan dan keterbatasannya. Kelebihan dan kekurangan telah disajikan dalam tabel 11.1.

Tabel 11.1 Keuntungan dan kerugian teknik konservasi energi

No	Teknik	Kelebihan	Keterbatasan
<b>Lapisan penginderaan dan pengumpulan data berbasis</b>			
1	Penjadwalan tidur-bangun	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Dalam teknik ini, simpul sensor menghemat energi dengan mematikan pemancarnya dan beralih ke mode tidur setelah transmisi data.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Terkadang interval tidur yang lebih lama mengurangi jumlah data yang dideteksi, yang menyebabkan penurunan kualitas informasi.</li> <li>ii. Latensi pengiriman paket yang tinggi.</li> </ul>
2	Penginderaan sparse cerdas berbasis prediktor konteks	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Mengurangi siklus kerja yang mengurangi kuantitas data yang dihasilkan. Tanpa kehilangan jaminan statistik dalam data yang dikumpulkan, mengurangi penginderaan data yang tidak penting.</li> <li>ii. Pemrosesan yang dibutuhkan oleh node dalam teknik ini mengonsumsi lebih sedikit energi dan memiliki kompleksitas yang rendah. Hal ini meningkatkan kompatibilitasnya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Skema ini memerlukan modifikasi pada perangkat keras.</li> <li>ii. Teknik ini hanya dirancang untuk sistem akuisisi data EKG. Jadi, kemampuan adaptasinya terbatas.</li> </ul>
3	Modulasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Penggunaan teknik modulasi yang paling sesuai mengurangi konsumsi energi.</li> <li>ii. Teknik modulasi yang hemat bandwidth membutuhkan waktu lebih sedikit untuk mengirimkan sejumlah data tertentu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Pada komunikasi jarak jauh, daya lebih besar daripada daya sirkuit.</li> <li>ii. Teknik ini sangat statis dan tidak dapat beradaptasi sesuai dengan skenario.</li> </ul>
4	Pemanenan energi surya	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Sistem yang menggunakan pemanenan ini memiliki sumber energi yang terus menerus pada siang hari.</li> <li>ii. Tenaga surya bebas polusi dan tidak mengeluarkan gas rumah kaca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Mahal dan rumit karena memerlukan perangkat keras tambahan.</li> <li>ii. Pengoperasian perangkat tidak bergantung pada berbagai sumber energi. Jaringan sepenuhnya bergantung pada energi yang dikumpulkan oleh panel surya. Jaringan akan gagal jika tidak ada cahaya yang cukup.</li> </ul>

5	Pemanenan aliran udara	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Berguna di area terbuka.</li> <li>ii. Ini adalah salah satu sumber energi paling ramah lingkungan yang tersedia saat ini.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Tidak berguna di area tertutup atau padat.</li> <li>ii. Tidak dapat diprediksi karena jumlah listrik yang dihasilkan bergantung pada kecepatan dan arah angin.</li> </ul>
6	Pemanenan termal	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Umur pakai lebih panjang, andal, dan biaya perawatan rendah.</li> <li>ii. Relevan untuk kondisi beban yang berubah-ubah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Sulitnya mengubah energi termal menjadi energi listrik yang dapat digunakan.</li> <li>ii. Memerlukan biaya operasional yang lebih tinggi.</li> </ul>
7	Pemanenan energi nirkabel RF berbasis sakelar sumber hibrida	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Sumber RF sekitar, seperti jaringan Wi-Fi, sistem seluler, stasiun TV dan radio, dll. menyediakan sinyal RF yang tidak terbatas dan tersedia dalam jumlah yang banyak.</li> <li>ii. Dengan menggunakan pembentukan berkas energi, antena dengan penguatan tinggi, dan pemanenan multi-pita, sistem pemanenan RF komersial menyediakan solusi berkelanjutan untuk jaringan IoT. Sistem ini bergantung pada berbagai sumber energi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Teknik ini mengekstraksi sangat sedikit energi dari sinyal RF. Produktivitas pemanenannya sangat rendah, terutama saat daya yang diterima sangat rendah.</li> <li>ii. Agar paket data dapat disiarkan, daya yang dipanen biasanya tidak cukup dan oleh karena itu, pada saat itu, node tersebut mati.</li> </ul>
<b><i>Pemrosesan data dan lapisan jaringan berbasis</i></b>			
8	Transmisi data awal	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Mengurangi waktu tidur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Teknik ini tidak memungkinkan transmisi ulang.</li> <li>ii. Implementasi uji coba skala besar belum dilakukan oleh penulis.</li> </ul>
9	Kompresi data berdasarkan kompresi delta	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Agar banyak perangkat dapat bekerja bersama dalam hub data yang sama dan menghindari kejenuhan, maka trafik jaringan akan berkurang yang mana sangat penting.</li> <li>ii. Algoritma yang ringan digunakan untuk kompresi data.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Tidak cocok untuk mengompres file berukuran besar.</li> <li>ii. Proses kompresi data mengurangi kualitas informasi</li> </ul>
10	Teknik mobile sink	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Menghemat energi dengan menggunakan jalur melingkar yang telah ditentukan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Heterogenitas node tidak dipertimbangkan.</li> </ul>

		<p>sebelumnya untuk stasiun pangkalan.</p> <p>ii. Ketika teknik ini digunakan oleh stasiun pangkalan, masa pakainya akan lebih lama dibandingkan dengan stasiun pangkalan yang stasioner.</p>	<p>ii. Teknik ini tidak adaptif karena jalur melingkar yang telah ditentukan sebelumnya ditetapkan untuk stasiun pangkalan.</p>
11	Metode DRX yang dapat beradaptasi sendiri	<p>i. Hal ini menyediakan keseimbangan antara konsumsi daya dan latensi suatu node. Hal ini juga dapat memenuhi persyaratan QoS yang berbeda.</p> <p>ii. Hal ini memastikan QoS terbaik di sisi UE dengan melacak karakteristik lalu lintas dinamis.</p>	<p>i. Biaya komputasinya lebih tinggi. Oleh karena itu bobotnya tidak terlalu ringan.</p> <p>ii. Nilai faktor adaptif untuk siklus DRX yang diperpanjang perlu ditetapkan dengan sangat hati-hati karena memiliki dampak signifikan pada kinerja.</p>
12	Teknik yang dibantu relai	<p>i. Latensi yang sangat rendah dapat dicapai oleh pengguna seluler jika komunikasi antarperangkat digunakan dengan menggunakan spektrum berlisensi dan tidak berlisensi.</p> <p>ii. Sehubungan dengan pengalaman pengguna, jangkauan area, dan kapasitas sistem, teknik ini memberikan peningkatan yang sangat besar dalam jaringan seluler.</p>	<p>i. Saat mentransmisikan data dalam komunikasi perangkat ke perangkat, gangguan terjadi karena buruknya kualitas tautan komunikasi.</p>
13	Akses acak yang hemat energi	<p>i. Teknik ini memiliki probabilitas tabrakan rata-rata yang lebih rendah.</p> <p>ii. Mengurangi konsumsi energi.</p>	<p>i. Memerlukan modifikasi pada sinyal respons akses acak.</p>
14	Penjadwalan yang memperhatikan prioritas berdasarkan logika fuzzy	<p>i. Prioritas setiap node pengirim dihitung secara dinamis.</p> <p>ii. Dalam skema ini, data penting dikirimkan dengan penundaan minimum.</p> <p>iii. Keandalan ujung ke ujung ditingkatkan menggunakan skema penyediaan berlebih.</p>	<p>i. Teknik ini memakan banyak waktu.</p> <p>ii. Teknik ini memerlukan pemrosesan yang lebih tinggi.</p>
15	Penskalaan tegangan berlebih	<p>i. Teknik ini mengelola jalur waktu dan pelanggarannya.</p>	<p>i. Hasil yang diperoleh dari perhitungan tidak akurat. Oleh karena itu, tidak cocok</p>

		ii. Di sini diasumsikan bahwa probabilitas kesalahan maksimum pada titik akhir jalur waktu. Ini mengurangi biaya komputasi.	untuk sistem yang membutuhkan hasil akurat. ii. Tekniknya rumit karena rangkaian dibagi menjadi area kecil dan semua titik akhir diperiksa secara independen.
16	Teknik komputasi perkiraan	i. Mengurangi latensi. ii. Mengurangi komputasi.	i. Karena metode ini menghasilkan hasil dengan beberapa kesalahan, metode ini tidak cocok untuk sistem yang memerlukan hasil akurat. ii. Sistem tidak dapat menyesuaikan akurasi hasil secara dinamis sesuai dengan kebutuhan sistem.
17	Teknik berbasis permintaan pengulangan otomatis	i. Mencegah masalah transmisi ulang ganda. Melakukan kontrol kemacetan dan pemberitahuan kesalahan. ii. Teknik ini meningkatkan keandalan WSN.	i. Agar sistem dapat bekerja, node perlu memahami NACK. ii. Untuk penerapan mekanisme ini, protokol yang digunakan di setiap node perlu dimodifikasi.
18	Teknik pembalikan waktu	i. Pengurangan interferensi dan konsumsi daya berkurang. ii. Mengurangi kompleksitas komputasi. iii. Berbagai opsi QoS dapat didukung dalam teknik ini. iv. Menyediakan keamanan lapisan fisik dan dapat diskalakan.	i. Agar sistem dapat bekerja dengan baik, stasiun pangkalan diperlukan. ii. Jika laju data sangat tinggi seperti transmisi video, kinerjanya akan menurun.
19	Teknik routing	i. Keuntungan yang dicapai di sini adalah, keseimbangan beban, efisiensi energi tinggi, keandalan tinggi, pengurangan latensi yang efektif, dan peningkatan masa pakai jaringan. ii. Perutean data yang tepat menghilangkan transmisi data yang berlebihan, oleh karena itu mengurangi penggunaan energi dalam komunikasi nirkabel.	i. Kinerja sistem bergantung pada protokol routing dan skenario penerapannya. ii. Setelah protokol routing diterapkan pada suatu sistem, jika skenarionya berubah, protokol tersebut tidak dapat diubah secara dinamis.

20	Penjadwalan dinamis berdasarkan MAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Kegagalan akses saluran dan tabrakan berkurang.</li> <li>ii. Memperpanjang periode tidur node. Dengan demikian, menghemat energi perangkat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Skema ini hanya dapat diimplementasikan jika stasiun pangkalan ada dalam jaringan. Stasiun pangkalan menjadwalkan slot transmisi.</li> <li>ii. Skema ini tidak mempertimbangkan penyediaan QoS ke perangkat yang berbeda.</li> </ul>
21	Teknik transmisi redundan berbasis permintaan ulang otomatis kirim-tunggu dan pengkodean jaringan	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Sangat andal. Latensinya rendah.</li> <li>ii. Mengurangi konsumsi energi yang tidak seimbang di WSN. Dengan demikian, masa pakai jaringan menjadi lebih lama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Skema ini tidak dapat bekerja dengan baik dalam lingkungan dinamis di mana simpul sensor nirkabel bersifat mobile.</li> <li>ii. Penentuan area hotspot dan area non-hotspot merupakan isu penting bagi kinerja skema.</li> </ul>
<b>Berbasis lapisan aplikasi</b>			
22	Teknik penerusan berbasis konteks.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Dengan mempertimbangkan konteks informasi yang akan dikirimkan dan jumlah kesalahan yang dapat ditoleransi, teknik ini mengurangi jumlah pengiriman.</li> <li>ii. Meningkatkan waktu tidur node.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Agar skema ini dapat berfungsi, diperlukan arsitektur cakupan kontekstual. Oleh karena itu, modifikasi arsitektur jaringan diperlukan dalam skema ini.</li> <li>ii. Skema ini kurang dapat diskalakan karena menghasilkan beban pemrosesan yang besar di gateway.</li> </ul>

### Arah Masa Depan

Beberapa cakupan skema di masa mendatang tercantum di bawah ini:

1. Saat tidur, penjadwalan bangun karena mode tidur, transmisi data tertunda. Jadi, perlu untuk menyesuaikan waktu tidur secara dinamis berdasarkan jenis dan prioritas lalu lintas.
2. Penginderaan sparse cerdas berbasis prediktor konteks dapat dibuat lebih adaptif sehingga dapat diterapkan pada aplikasi IoT lainnya.
3. Meskipun banyak teknik modulasi yang ada dan memiliki peran penting dalam menghemat energi node, tetapi ada persyaratan pengembangan teknik modulasi untuk perangkat IoT.

4. Sistem pemanenan energi surya mahal dan rumit. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk merancang sistem pemanenan energi surya untuk perangkat IoT yang hemat biaya.
5. Dalam kasus sistem pemanenan aliran udara, karena ketersediaan aliran udara tidak dapat diprediksi, ada kebutuhan daya alternatif yang dapat memastikan pasokan daya berkelanjutan ke perangkat IoT.
6. Meskipun pemanenan energi termal digunakan untuk menghemat energi, namun memerlukan biaya operasional yang lebih tinggi. Oleh karena itu, perlu untuk mengurangi biaya operasionalnya.
7. Pemanenan energi nirkabel RF berbasis sakelar sumber hibrida memiliki potensi yang sangat tinggi dalam bidang konservasi energi di IoT. Namun, jumlah energi yang dihemat sangat sedikit. Jadi, ada kebutuhan untuk meningkatkan teknologi ini untuk meningkatkan produktivitasnya.
8. Pada transmisi data awal, transmisi ulang tidak diperbolehkan. Jadi, ada ruang lingkup peningkatan dalam skema ini dengan menggabungkan transmisi ulang paket. Ini akan meningkatkan keandalan skema.
9. Ada ruang lingkup peningkatan dalam kompresi data berdasarkan kompresi delta agar sesuai untuk kompresi file besar.
10. Teknik mobile sink perlu ditingkatkan untuk mendukung heterogenitas node.
11. Karena metode DRX yang adaptif secara komputasi mahal, ada ruang lingkup untuk mengurangi biaya komputasi.
12. Pengurangan interferensi yang terjadi pada teknik yang dibantu relai dapat dilakukan pada pekerjaan mendatang.
13. Penjadwalan yang memperhatikan prioritas berdasarkan logika fuzzy memerlukan pemrosesan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, perlu untuk mengurangi pemrosesan yang diperlukan agar sesuai untuk perangkat dengan sumber daya terbatas.
14. Perhitungan yang dilakukan dalam penskalaan tegangan berlebih dan teknik perhitungan perkiraan tidak akurat karena konservasi energi. Namun, kedua skema tersebut statis, yaitu setelah diterapkan, tidak adaptif menurut kebutuhan perhitungan. Oleh karena itu, perlu untuk merancang teknik yang secara dinamis menyesuaikan akurasi hasil berdasarkan kebutuhan.
15. Dalam teknik berbasis permintaan ulang otomatis, NACK digunakan. Untuk perangkat IoT dengan sumber daya terbatas, penanganan NACK sulit. Jadi, ada kebutuhan untuk meningkatkan portabilitas skema.
16. Teknik pembalikan waktu perlu ditingkatkan sehingga dapat diterapkan dalam jaringan yang tidak memiliki stasiun pangkalan.
17. Banyak skema perutean telah dirancang untuk konservasi energi di IoT. Namun, masing-masing dari mereka memiliki kekurangan. Oleh karena itu, perlu untuk mengembangkan teknik perutean yang kuat yang menghemat energi.
18. Penjadwalan dinamis berdasarkan MAC tidak mendukung QoS. Oleh karena itu, skema tersebut perlu ditingkatkan untuk menyediakan dukungan QoS.

19. Teknik pengiriman-tunggu otomatis dan transmisi redundan berbasis kode jaringan perlu ditingkatkan sehingga dapat bekerja dalam lingkungan yang dinamis di mana node bersifat mobile.
20. Ada ruang lingkup pekerjaan dalam teknik penerusan berbasis Konteks untuk meningkatkan skalabilitasnya.

Penerapan perangkat IoT terus meningkat dari hari ke hari. Karena sebagian besar perangkat IoT berukuran kecil dan menggunakan baterai, konsumsi daya menjadi masalah yang sangat kritis. Dalam bab ini, arsitektur IoT telah dibagi menjadi tiga bagian, lapisan penginderaan dan pengumpulan data, lapisan pemrosesan data dan jaringan, serta lapisan aplikasi. Dalam literatur, banyak peneliti telah mengembangkan teknik untuk menghemat energi perangkat IoT.

Teknik-teknik tersebut bekerja dalam lapisan yang berbeda untuk mengurangi konsumsi energi perangkat IoT. Dalam bab ini, teknik untuk konservasi energi telah diklasifikasikan berdasarkan lapisan arsitektur IoT tempat teknik tersebut bekerja. Setiap teknik konservasi energi telah dibahas secara singkat. Selain itu, teknik-teknik tersebut dianalisis lebih lanjut sehubungan dengan kelebihan dan kekurangannya. Arah kerja di masa mendatang juga telah disajikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- A concept paper on digitisation, employability and inclusiveness the role of Europe. (2017). DG Communications Networks, Content & Technology (CONNECT).
- A.K. (2018). Popular Big Data Applications In Media And Entertainment Industry. AeonLearning Pvt. Ltd.
- Abbas, Z., & Yoon, W. (2015). A survey on energy conserving mechanisms for the internet of things: Wireless networking aspects. *Sensors (Basel)*, 15(10), 24818–24847.
- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., & Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and Its Impact on Supply Chain: A Framework for Building Smart, Secure and Efficient Systems. *Future Generation Computer Systems*, 86, 614–628.
- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., & Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86, 614–628.
- Acampora, G., Cook, D.J., Rashidi, P. & Vasilakos, A.V. (2013). A survey on ambient intelligence in healthcare. *Proceedings of IEEE*, 101(12), 2470–2494.
- Accent Systems. (2018). Differences between Nb-IoT and LTE-M.
- Active Wizards. (2019). Top 10 Data Science Use Cases in Telecom. KDnuggets.
- Afshar, A., & Haghani, A. (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 327–338.
- Agrawal, S., & Das, M. L. (2011). Internet Of Things A Paradigm Shift Of Future Internet Applications. *Engineering (Nuicone)*, 2011 Nirma University International Conference On, 1-7.
- Ahmadi, M., Seifi, A., & Tootooni, B. (2015). A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review*, 75, 145–163.
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Hashem, I. A., Khan, I., Ahmed, A. I., Imran, M., & Vasilakos, A. V. (2017). The role of big data analytics in Internet of Things. *Computer Networks*, 129, 459–471.
- Aijaz, A., & Aghvami, A. H. (2015). Cognitive machine-to-machine communications for Internet-of-Things: A protocol stack perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 2(2), 103–112.
- Airbus. (2019). IoT: Aerospace’s Great New Connector the Internet of Things is Making Its Way into the Aircraft, Its Cabin and Beyond.
- Akben, İ., & Avşar, İ. (2018). Endüstri 4.0 Ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.

- Akgül, A. (2016). Kişisel Verilerin Korunmasında Yeni Bir Hak: “Unutulma Hakkı” ve AB Adalet Divanı’nın “Google Kararı. *Journal of Turkey Bar Association*, 116, 11–38.
- Aksoy, S. (2017). Değişen Teknolojiler Ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0 'ı Anlamaya Dair Bir Giriş. *SAV Katkı Dergisi*, 4, 34-4.
- Aktan, E. (2018). Büyük Veri: Uygulama Alanları, Analitiği ve Güvenlik Boyutu. *Journal of International Management*, 1(1), 1–22. doi:doi:10.33721/by.403010
- Alem, D., Clark, A., & Moreno, A. (2016). Stochastic network models for logistics planning in disaster relief. *European Journal of Operational Research*, 255(1), 187–206.
- Alexander, D. (2002). *Principles of Emergency Planning and Management*. Harpenden: Terra Publishing.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
- Alicke, K., Rachor, J., & Seyfert, A. (2016). Supply Chain 4.0—the next-generation digital supply chain. *McKinsey*.
- Al-Janabi, T. A., & Al-Raweshidy, H. S. (2019). An Energi Efficient Hybrid MAC Protocol With Dynamic Sleep-Based Scheduling for High Density IoT Networks. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2273–2287. doi:10.1109/JIOT.2019.2905952
- AljebryD. F.TahirS. (2017, October) Internet of things routing technique survey. *Proceedings of the 1st International Conference on Internet of Things and Machine Learning*,
- Almeida E., Tiapanco, M.P.M. & Navarro, M.V.F. (2016). Design of a System for Early Detection and Treatment of Depression in Elderly. A conceptual approach. DOI: 10.1007/978-3-319-11564-1\_12
- Al-Shdifat, A., & Emmanouilidis, C. (2018). Development of a Context Aware Framework for the Integration of Internet of Things and Cloud Computing for Remote Monitoring Services. *Procedia Manufacturing*, 16, 31–38. doi:10.1016/j.promfg.2018.10.155
- Altınpulluk, H. (2018). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Eğitim Ortamlarında Kullanımı. *Açık Öğretim Uygulamaları Ve Araştırmaları Dergisi (AUAd)*, 4(1), 94-111.
- Alvarez, F., Popa, M., Solachidis, V., Penaloza, G. H., Hernandez, A. B., Asteriadis, S., & Daras, P. (2019). Behavior Analysis through Multimodal Sensing for Care of Parkinson’s and Alzheimer’s Patients. *IEEE MultiMedia*, 25(1), 14–25.
- Alvarez-García, B., & Fernández-Castro, A. S. (2018). A comprehensive approach for the selection of a portfolio ofinterdependent projects. An application to subsidized projects in Spain. *Computers & Industrial Engineering*, 118, 153–159.

- Amatriain, X., & Basilico, J. (2012). Netflix Recommendations: Beyond the 5 stars (Part 1). Netflix.
- Amit. (2019). Big data in the public sector: five ways the government is using data science. AnalyticsJobs.
- AnajembaJ. H.TangY.AnsereJ. A.IwendiC. (2018, October) Performance Analysis of D2D Energy Efficient IoT Networks with Relay-Assisted Underlying Technique. In Proceedings of 44th. Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 3864-3869). 10.1109/IECON.2018.8591373
- Andreev, S., Galinina, O., Pyattaev, A., Gerasimenko, M., Tirronen, T., Torsner, J., & Koucheryavy, Y. (2015). Understanding the IoT connectivity landscape: A contemporary M2M radio technologyroadmap. IEEE Communications Magazine, 53(9), 32–40.
- Archer, N. P., & Ghasemzadeh, F. (1999). An integrated framework for project portfolio selection. International Journal of Project Management, 17(4), 207–216.
- Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. (2019). Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. Business Process Management Journal, 25(2), 323–346.
- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2016). How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. International Journal of Innovation Management, 20(08), 1640015.
- Arshad, R., Zahoor, S., Shah, M. A., Wahid, A., & Yu, H. (2017). Green IoT: An investigation on energy saving practices for 2020 and beyond. IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions, 5, 15667–15681. doi:10.1109/ACCESS.2017.2686092
- Arslan, Ü. Ç. (2017). Sanayi Devrimi: Sonuçları ve Uluslararası Sisteme Yansımaları. Başkent Üniversitesi, AB ve Uluslararası İlişkiler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı.
- Ashton, K. (2009). That ‘Internet of Things’ Thing. RFID Journal.
- Atan, S. (2016). Veri, Büyük Veri ve İşletmecilik. Balıkesir University Journal of Social Sciences Institute, 19(35).
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. Computer Networks, 54(15), 2787–2805.
- Avrupa Birliği Komisyonu. (2014). Case No COMP/M.7217- Facebook/ Whatsapp. T. 03.10.2014.
- Babar, M., & Arif, F. (2017). Smart urban planning using Big Data analytics to contend with the. Future Generation Computer Systems, 77, 65–76.
- Babar, M., Arif, F., Jan, M. A., Tan, Z., & Khan, F. (2019). Urban data management system: Towards Big Data analytics for Internet of Things based smart urban environment using customized Hadoop. Future Generation Computer Systems, 96, 398–409.

- Babar, M., Rahman, A., Arif, F., & Jeon, G. (2018). Energyharvesting based on internet of things and big data analytics for smart health monitoring. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 20, 155–164.
- Badger, E. (2015). WiFi, hot tubs and big data: How Airbnb determines the price of a home. *The Washington Post*.
- Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-Physical Systems. *The Impact Of Control Technology*, 12, 161-166.
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet Of Things: Applications And Challenges In Technology And Standardization .*Wireless Personal Communications*, 58(1), 49–69.
- Banerjee, T., & Sheth, A. (2017). IoT Quality Control for Data and Application Needs. *Intelligent Systems*, 32(2), 68–73.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Barbarosoğlu, G., Özdamar, L., & Çevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research* ,140(1), 118–133.
- BardramJ. E. (2004). Applications of Context-Aware Computing in Hospital Work – Examples and Design Principles. In *Proceedings of 2004 ACM symposium on Applied computing* (pp. 1574-1579). New York: ACM. 10.1145/967900.968215
- Bartodziej, C. J. (2017). The Concept Industry 4.0. In *The Concept Industry 4.0*. Springer Gabler. DOI doi:10.1007/978-3-658-16502-4
- Baskaya, S., Ertem, M. A., & Duran, S. (2017). Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences* ,57, 50–60. doi:10.1016/j.seps.2016.09.001
- Bastian, N. D., Griffin, P. M., Spero, E., & Fulton, L. V. (2016). Multi-criteria logistics modeling for military humanitarian assistance and disaster relief aerial delivery operations. *Optimization Letters*, 10(5), 921–953. doi:10.1007/s11590-015-0888-1
- Bayram, V., Tansel, B. Ç., & Yaman, H. (2015). Compromising system and user interests in shelter location and evacuationplanning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72,146–163.
- Bembe, M., Abu-Mahfouz, A., Masonta, M., & Ngqondi, T. (2019). A survey on low-power wide area networks for IoT applications. *Telecommunication Systems*, 71(2), 249–274.
- Better, M., Glover, F., Kochenberger, G., & Wang, H. (2008). Simulation optimization: Applications in risk management. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 7(4), 571–587. doi:10.1142/S0219622008003137
- Bibrainia. (2019). How Big Data Can Be Used in Facebook. *Bibrainia*.

- Blau, G. E., Pekney, J. F., Varma, V. A., & Bunch, P. R. (2004). Managing a portfolio of interdependent new product candidates in the pharmaceutical industry. *Journal of Product Innovation Management*, 21(4), 227–245.
- Bodi, K. (2018). 10 big data use cases in manufacturing. Actify Inc.
- Boiko, A., Shendryk, V., & Boiko, O. (2018). Information systems for supply chain management: Uncertainties, risks and cyber security. *Procedia Computer Science*, 149, 65–70.
- Boonmee, C., Arimura, M., & Asada, T. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 485–498.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The Industrial Internet of Things (IIoT): An Analysis Framework. *Computers in Industry*, 101(March), 1–12.
- Bozorgi-Amiri, A. (2016). An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities. *Computers & Industrial Engineering*, 94, 201–215.
- Bremer, A. (2015). Diffusion Of The “Internet Of Things” On The World Of Skilled Work And Resulting Consequences For The Man–Machine Interaction. *Empirical Research In Vocational Education And Training*, 7(1), 8. doi:10.1186/s40461-015-0021-9
- Brook, J., & Pagnanelli, F. (2014). Integrating sustainability into innovation project portfolio management – A strategic perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 34, 46–62.
- Brown, W. C. (1984). The history of power transmission by radio waves. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 32(9), 1230–1242. doi:10.1109/TMTT.1984.1132833
- Bruce, N., Sain, M., & Lee, H. J. (2014). A support middleware solution for e-healthcare system security. *Proceedings of 16th International Conference on Advanced Communication Technology*.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2011). *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Digital Frontier Press.
- Budak, A., & Ustundag, A. (2016). A risk simulation and optimization model for selection of new product development projects. In *Uncertainty Modelling in Knowledge Engineering and Decision Making: Proceedings of the 12th International FLINS Conference* (pp. 1049–1055).
- Büttner, R., & Ekon, M. (2018). Changeability of manufacturing companies in the context of digitalization. *Procedia Manufacturing*, 17, 539–546. doi:10.1016/j.promfg.2018.10.094
- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, 97, 157–177.

- Campbell, M. (2015). Apple, IBM to take partnership into education with app for teachers. Quiller Media, Inc.
- Candès, E. J., & Wakin, M. B. (2008). An introduction to compressive sampling. *IEEE Signal Processing Magazine*, 25(2), 21–30. doi:10.1109/MSP.2007.914731
- CaoQ.AbdelzaherT.HeT.StankovicJ. (2005, April). Towards optimal sleep scheduling in sensor networks for rare-event detection. In *Proceedings of Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks* (pp. 20-27).
- Capgemini. (2018). Big data potential to eradicate challenges in the manufacturing industry. Capgemini.
- Cappon, G., Acciaroli, G., Vettoretti, M., Facchinetti, A., & Sparacino, G. (2017). Wearable Continuous Glucose Monitoring Sensors: A Revolution in Diabetes Treatment. *Electronics*, 6(65).
- Cardoso, J., Winkler, M., & Voigt, K. (2009). A Service Description Language For The Internet Of Services. *ProceedingsOf Isss*.
- Carlsson, C., Fuller, R., Heikkila, M., & Majlender, P. (2007). A fuzzy approach to R&D Project portfolio selection. *InternationalJournal of Approximate Reasoning*, 44(2), 93–105.
- Carr, D. (2013). *Giving Viewers What They Want*. The New York Times Company.
- Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. *SocioEconomic Planning Sciences*, 46(1), 4–13.
- Cbinsights, D. H. (2015). *Research Briefs, Health On-Demand: 42 Mobile Startups Disrupting Healthcare*.
- Çelik, B. (2014). Şişli Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi 12. Sınıf Akıllı Ev Sistemleri Dersi Ders Notları.
- ÇelikyayH. H. (2013). *Teknoloji Girdabından Akıllı Şehre Dönüşüm: İstanbul Örneği*. Bursa: 2nd Turkey Graduate Studies Congress Proceedings Book, 1315-1328.
- Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency. (2017). *Future Services & Societal Systems in Society 5.0*. Tokyo: CRDS-FY2016-WR-13.
- Chaouchi, H. (2014). *The Internet of Things*. London: ISTE.
- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 171–209. doi:10.1007/s11036-013-0489-0
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A Vision Of Iot: Applications, Challenges, And Opportunities With China Perspective. *IEEE Internet Of Things Journal*, 1(4), 349–359.
- Chen, Y. (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*, 3(5), 588–595.

- Chen, Y., Han, F., Yang, Y.-H., Ma, H., Han, Y., Jiang, C., & Liu, K. J. R. (2014). Time-reversal wireless paradigm for green internet of things: An overview. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 81–98.
- Cheng, Y., Huang, L., Ramlogan, R., & Li, X. (2017). Forecasting of Potential Impacts of Disruptive Technology in Promising Technological Areas: Elaborating the SIRS Epidemic Model in RFID Technology. *Technological Forecasting and Social Change* ,
- Cho, W. T., Lai, Y.-X., Lai, C.-F., & Huang, Y.-M. (2013). Appliance-Aware Activity Recognition Mechanism for IoT Energi Management System. *The Computer Journal*, 56(8), 1020–1033.
- Chui, M., Löffler, M., & Roberts, R. (2010). *The Internet of things*. McKinsey & Company.
- Chung, A. E., Jensen, R. E., & Basch, E. M. (2016). Leveraging Emerging Technologies and the “Internet of Things” to Improve the Quality of Cancer Care. *Journal of Oncology Practice / American Society of Clinical Oncology*, 12(10), 863–866.
- Civerchia, F., Bocchino, S., Salvadori, C., Rossi, E., Maggiani, L., & Petracca, M. (2017). Industrial Internet of Things monitoringsolution for advanced predictive maintenance applications. *Journal of Industrial Information Integration*, 7, 4–12.
- Cline, G. (2017). *IoT and Analytics: Better Manufacturing Decisions in the Era of Industry 4.0*.
- Collotta, M., Pau, G., Talty, T., & Tonguz, O. K. (2018). Bluetooth 5: A Concrete Step Forward toward the IoT. *IEEE Communications Magazine*, 56(7), 125–131. doi:10.1109/MCOM.2018.1700053
- Conway, J. (2016). *The Industrial Internet of Things: An Evolution to a Smart Manufacturing Enterprise*. White Paper, Schneider Electric.
- Cook, K. (2019). *AGCO Innovations in Manufacturing with Glass*.
- Cooper, R. (2006). Managing Technology Development Projects. *Research Technology Management*, 49(6), 23–31.
- Cooper, R. (2007). Managing Technology Development Projects. *IEEE Engineering Management Review*, 35(1), 10–15. doi:10.1109/EMR.2007.329141
- Cooper, R. G., Edgett, S., & Kleinschmidt, E. (2001). Portfolio management for new product development: Results of an industry practices study. *R & D Management*, 31(4), 361–380.
- Cooper, R., & Edgett, S. (2001). *Portfolio Management for New Products, Picking the Winners*, WP No. 11. Product Development Institute Inc.
- Cooper, R., & Edgett, S. (2008). The Stage-Gate Idea to Launch Process – Update, What’s New & NexGen Systems. *Journal of Product Innovation Management*, 25(3), 213–232.
- Cooper, R., & Edgett, S. (2012). Best Practices in the Idea-toLaunch Process and Its Governance. *Research Technology Management*, 55(2), 43–54.

- Cox, M., & Ellsworth, D. (1997). Application-Controlled Demand Paging for Out-of-Core Visualization. Proceedings of the 8th IEEE Visualization '97 Conference.
- Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet Of Things In Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. doi:10.1109/TII.2014.2300753
- Dang, L. M., Piran, J., Han, D., Min, K., & Moon, H. (2019). A Survey on Internet of Things and Cloud Computing for Healthcare. *The Electricity Journal*, 8, 768.
- Daniel, E. M., Ward, J. M., & Franken, A. (2014). A dynamic capabilities perspective of IS project portfolio management. *The Journal of Strategic Information Systems*, 23(2), 95–111.
- Datafloq. (2019). How Amazon Is Leveraging Big Data. Datafloq.
- Davenport, T. H. (2014). Big data at work. Harvard Business
- Davutođu, N. A., Akgül, B., & Yıldız, B. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Deđişimi Sağlamak. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(52), 544–567.
- De Reyck, B., Grushka-Cockayne, Y., Lockett, M., Calderini, S. R., Moura, M., & Sloper, A. (2005). The impact of project portfolio management on information technology projects. *Internasional Journal of Project Management*, 23(7), 524–537.
- Delgado, R. (2018). How big data has changed the music industry. The Innovation Enterprise Ltd.
- Demir, V. (2008). Lojistik yönetim sisteminde maliyet hesaplaması [Cost calculation in logistics management system]. Nobel Yayıncılık. İstanbul: Nobel Publishing.
- Demirezen, U. (2017). Büyük Veri Ve Büyük Veri İşleme Mimarileri. In Ş. Sağırođlu, & O. Koç (Eds.), *Büyük Veri ve Açık Veri Analitiđi: Yöntemler ve Uygulamalar* (pp. 131-166). Ankara, Turkey: Grafiker.
- Denning, P. (1990). Saving All the Bits. *American Scientist*, 78, 402–405.
- Desai P. (2018). A survey on big data applications and challenges. Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT 2018), 737-740. 10.1109/ICICCT.2018.8472999
- Dewangan, K., & Mishra, M. (2018). Internet of Things for Healthcare: A Review. *International Journal of Advanced in Management, Technology and Engineering Sciences*, 8(3).
- Dholakia, R., & Kshetri, N. (2004). Factors Impacting the Adoption of The Internet among SMEs. *Small Business Economics*, 23(4), 311–322.
- Din, S., & Paul, A. (2019). Erratum to “Smart health monitoring and management system:Toward autonomous wearable sensing forInternet of Things using big data analytics. *Future Generation Computer Systems*, 91, 611–619.
- Dođan, K., & Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *Ankara University Journal of Languages and History-Geography*, 56(1).

- Dolin R. A. (2006). Deploying the Internet of Things. Proceeding of SAINT '06 the International Symposium on Applications on Internet. 10.1109/SAINT.2006.21
- Dombrowsi, U., & Wagner, T. (2014). Mental Strain As Field Of Action In The 4th Industrial Revolution, Variety Management In Manufacturing. *Procedia CIRP*, 17, 100–105.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., Childe, S. J., Shibin, K. T., & Wamba, S. F. (2017). Sustainable supply chain management: Framework and further research directions. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1119–1130.
- Dumbill, E. (2012). *Volume, Velocity, Variety: What You Need to Know About Big Data*. O'Reilly Media.
- Dumbill, E. (2012). *What is Big Data? Big Data Now*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.
- Duran, S., Ergun, Ö., Keskinocak, P., & Swann, J. L. (2013). Humanitarian logistics: advanced purchasing and pre-positioning of relief items. In *Handbook of global logistics* (pp. 447–462). New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-6132-7\_18
- Dutertre, G. (2007). *Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi Kararlarından Örnekler*. Ankara, Turkey: Avrupa Konseyi Yayınları.
- Econsultancy. (2019). 10 examples of the Internet of Things in healthcare.
- Ege Bölgesi Sanayi Odası, E. B. S. O. (2015). Sanayi 4.0 Uyum Sağlayamayan Kaybedecek. *Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi*.
- Ehret, M., & Wirtz, J. (2017). Unlocking value from machines: Business models and the industrial internet of things. *Journal of Marketing Management*, 33(1–2), 111–130.
- El Alaoui, I., Gahi, Y., & Messoussi, R. (2019). Full Consideration of Big Data Characteristics in Sentiment Analysis Context. 2019 IEEE 4th International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis (ICCCBDA).
- Elhoseny, M., Abdelaziz, A., Salama, A. S., Riad, A., Muhammad, K., & Sangaiah, A. K. (2018). A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications. *Future Generation Computer Systems*, 86, 1383–1394.
- Eppler, M. J. (2006). *Managing Information Quality: Increasing the Value of Information in Knowledge Intensive Products and Processes*. Berlin, Germany: Springer.
- Ercan, T., & Kutay, M. (2016). Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 599-607. DOI: 10.5578/fmbd.43411
- Ericsson. (2018, May). Early data transmission for MTC-R1- 1805850. 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #93, Busan, Korea.
- Evans, D. (2011). The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. CISCO white paper, 1, 1-11.

- Feki, M. A., Kawsar, F., Boussard, M., & Trappeniers, L. (2013). The Internet of Things. The Next Technological Revolution, 24-25(46). doi:doi:10.1109/MC.2013.63
- Fereiduni, M., & Hamzehee, M. (2016). A p-robust model in humanitarian logistics in a non-neutral political environment. *Uncertain Supply Chain Management*, 4(4), 249–262.
- Fernandez, E., Gomez, C., Rivera, G., & Cruz-Reyes, L. (2015). Hybrid metaheuristic approach for handling many objectives and decisions on partial support in project portfolio optimisation. *Information Sciences*, 315, 102–122.
- Firouzi, F., Rahmani, A. M., Mankodiya, K., Badaroglu, M., Merrett, G., Wong, P., & Farahani, B. (2018). Internet-of-Things and big data for smarter healthcare: From device to architecture, applications and analytics. *Future Generation Computer Systems*, 78, 583–586. doi:10.1016/j.future.2017.09.016
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2013). Embracing digital technology: a new strategic imperative. MIT Sloan Management Review Research Report.
- Fossen, F. M., & Sorgner, A. (2018). The Effects of Digitalization on Employment and Entrepreneurship.
- GargN.GargR. (2017, December). Energy harvesting in IoT devices: A survey. In *Proceedings of International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)* (pp. 127-131).
- Garrido, R. A., & Aguirre, I. (2019). Emergency logistics for disaster management under spatio-temporal demand correlation: The earthquakes case. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 145–163.
- Garrido, R. A., Lamas, P., & Pino, F. J. (2015). A stochastic programming approach for floods emergency logistics. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review*, 75, 18–31. doi:10.1016/j.tre.2014.12.002
- Ge, M., Bangui, H., & Buhnova, B. (2018). Big Data for Internet of Things: A Survey. *Future Generation Computer Systems*, 87, 601–614.
- Ghose, D., Frøytlog, A., & Li, F. Y. (2019). Enabling early sleeping and early data transmission in wake-up radio-enabled IoT networks. *Computer Networks*, 153, 132–144.
- Gierej, S. (2017). The Framework of Business Model in the Context of Industrial Internet of Things. *Procedia Engineering*, 182, 206–212. doi:10.1016/j.proeng.2017.03.166
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: the industrial internet of things*. Apress.
- Gnimpieba, Z. D. R., Nait-Sidi-Moh, A., Durand, D., & Fortin, J. (2015). Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers. *Procedia Computer Science*, 56, 550–557.
- Gökrem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13), 47-68.

- Gordana, G., Mladen, V., Nebojsa, M., Dragan, V., Igor, R., Slavica, T., & Milutin, R. (2017). The IoT Architectural Framework, Design Issues and Application Domains. *Wireless Personal Communications*, 92(1), 127–148.
- Greengard, S. (2015). *The Internet Of Things*. London: The MIT Press.
- Greengard, S. (2017). *Nesnelerin İnterneti, çev.Müge Çavdar, (1.Baskı)*. Optimist Yayınları İstanbul.
- Grieco, L. A., Rizzo, A., Colucci, S., Sicari, S., Piro, G., Di Paola, D., & Boggia, G. (2014). IoT-aided robotics applications: Technological implications, target domains and open issues. *Computer Communications*, 54, 32–47.
- Gu, F., Ma, B., Guo, J., Summers, P. A., & Hall, P. (2017). Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study. *Waste Management*, 434–448.
- GuL.StankovicJ. A. (2004, May). Radio-Triggered Wake-Up Capability for Sensor Networks. In *Proceedings of IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium* (pp. 27-37). IEEE.
- Gülener, S. (2012). Dijital Hafızadan Silinmeyi İstemek: Temel Bir İnsan Hakkı Olarak. "Unutulma Hakkı". *Journal of Turkey Bar Association*, 219-240.
- Gündüz, M. Z., & Daş, R. (2017). Nesnelerin İntereti Gelişimi Bileşenleri Ve Uygulama Alanları. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bölümü Dergisi*, 24(2), 327–335.
- Guo, P., Jiang, T., Zhang, Q., & Zhang, K. (2011). Sleep scheduling for critical event monitoring in wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 23(2), 345–352.
- Guo, Z. X., Ngai, E. W. T., Yang, C., & Liang, X. (2015). An RFID-based Intelligent Decision Support System Architecture for Production Monitoring and Scheduling in a Distributed Manufacturing Environment. *International Journal of Production Economics*, 159, 16–28.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2017). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Ankara, Turkey: Seçkin Yayıncılık.
- Hadiguna, R. A., Kamil, I., Delati, A., & Reed, R. (2014). Implementing a web-based decision support system for disaster logistics: A case study of an evacuation location assessment for Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9, 38–47.
- Hadjinicolaou, N., & Dumrak, J. (2017). Investigating association of benefits and barriers in project portfolio management to project success. *Procedia Engineering*, 182, 274–281.
- Harari, Y. N. (2018). *21. Yüzyıl İçin 21 Ders, (çev. Selin Siral)*. İstanbul: Kolektif Kitap.
- Hathaliya, J. J., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2019). Securing electronics healthcare records in Healthcare 4.0: A biometric-based approach. *Computers & Electrical Engineering*, 76, 398–410. doi:10.1016/j.compeleceng.2019.04.017

- Haverkort, B. R., & Zimmermann, A. (2017). Smart industry: How ICT will change the game! *IEEE Internet Computing*, 21(1), 8–10.
- He, D. & Zeadally, S. (2015). An Analysis of RFID Authentication Schemes for Internet of Things in Healthcare Environment Using Elliptic Curve Cryptography.
- Health 4.0: Applications, Management, Technologies and Review. (2016). American Society of Clinical Oncologists: CancerLinQ.
- Herman, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A Literature Review. Working Paper. Technical University of Dortmund. Faculty of Engineering. Audi Endowment Chair Supply Net Order Management.
- Hilbert, M. (2012). How to Measure “How Much Information”? Theoretical, Methodological, and Statistical Challenges for the Social Sciences. *International Journal of Communication*, 6, 1042–1055.
- Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34.
- Holguín-Veras, J., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 494–506.
- Holler, J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Avesand, S., Karnouskos, S., & Boyle, D. (2015). From Machine-to-Machine to the Internet of Things. Academic Press.
- Hsu, C. L., & Lin, J. C. C. (2016). An Empirical Examination Of Consumer Adoption Of Internet Of Things Services: Network Externalities And Concern For Information Privacy Perspectives. *Computers in Human Behavior*, 62, 516–527.
- Huang, J., Meng, Y., Gong, X., Liu, Y., & Duan, Q. (2014). A Novel Deployment Scheme for Green Internet of Things. *Internet Of Things Journal*, 196-205. DOI: 10.1109/JIOT.2014.2301819
- Hung, C. Y., & Lee, W. Y. (2016). A proactive technology selection model for new technology: The case of 3D IC TSV. *Technological Forecasting and Social Change*, 103, 191–202.
- Hussain, K., & Prieto, E. (2016). Big Data in the Finance and Insurance Sectors. In *New Horizons for a Data Driven Economy* (p.209). Springer Open.
- Hyde, E. (2017). How big data is affecting social media metrics and Facebook ad strategies. SmartData Collective.
- IBM. (2014). Twitter and IBM Form Global Partnership to Transform Enterprise Decisions. IBM.
- IEEE Internet of Things Journal, 2(1). Health 2.0. (2010). It’s up to you, Council for Public Health and Health Care for the Minister of Health. The Hague: Koninklijke Broese & Peereboom.
- Information Commissioner’s Office. (2017). Big Data, Artificial Intelligence, Machine Learning and Data Protection.

- IntelliPaat. (2019). 7 Big Data Examples: Applications of Big Data in Real Life. IntelliPaat.
- International Telecommunication Union (ITU). (2015). Internet Of Things.
- IoT for all (by Guest Writer). (2018). How AI and IoT Can Improve Cancer Treatment.
- IoT. (2019). How IoT Can Improve Industrial Efficiency.
- Isikli, E., Yanik, S., Cevikcan, E., & Ustundag, A. (2018). Project portfolio selection for the digital transformation era. In *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation* (pp. 105–121). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-57870-5\_6
- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Seuring, S. (2014). Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: A robust model with real world application. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review*, 70, 225–244.
- Jan, B., Farman, H., Khan, M., Talha, M., & Din, I. (2019). Designing a Smart Transportation System: An Internet of Things and Big Data Approach. *IEEE Wireless Communications*, 26(4), 73–79. doi:10.1109/MWC.2019.1800512
- Jaradat, M., Jarrah, M., Bouselham, A., Jararweh, Y., & AlAyyoub, M. (2015). The Internet of Energy: Smart Sensor Networks and Big Data Management for Smart Grid. *Procedia Computer Science*, 56, 592–597. doi:10.1016/j.procs.2015.07.250
- Jin, Y., Gormus, S., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2016). Content centric routing in IoT networks and its integration in RPL. *Computer Communications*, 89, 87–104.
- Kaiser, M. G., El Arbi, F., & Ahlemann, F. (2015). Successful project portfolio management beyond project selection techniques: Understanding the role of structural alignment. *Internasional Journal of Project Management*, 33(1), 126–139.
- Kale, V. (2017). Big Data Computing. In *Creating Smart Enterprises: Leveraging Cloud, Big Data, Web, Social Media, Mobile and IoT Technologies* (p. 174). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group. doi:10.1201/9781315152455
- Kang, C., Hwang, S., & Moon, J. (2015). An Effect Of IoT Based Electronic Sow Feeder (ESF) On Productivity Of Swine Farms. *Journal Of Agricultural Informatics*, 6(4), 102-107.
- KangG. (2012). Wireless eHealth From Concept to Practice. In *Proceedings of IEEE International Conference on e-Health Networking*, 375–378. doi:10.1109/HealthCom.2012.6379441
- Kansal, A., Hsu, J., Zahedi, S., & Srivastava, M. B. (2007). Power management in energy harvesting sensor networks. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems*, 6(4), 32, es.
- Kara, M. A., & Seyhan, M. (2016). Verimlilik Kavramı ve İşletmelerde Verimliliğin Önemi: AKFA Çay Fabrikası Örneği. *International Journal of Academic Value Studies*, 2(3), 161–169.

- Karasakal, E., & Aker, P. (2017). A multicriteria sorting approach based on data envelopment analysis for R&D project selection problem. *Omega*, 73, 79–92. doi:10.1016/j.omega.2016.12.006
- Kaur, N., & Sood, S. K. (2015). An energy-efficient architecture for the Internet of Things (IoT). *IEEE Systems Journal*, 11(2), 796–805. doi:10.1109/JSYST.2015.2469676
- Kaya, M. (2013). Siber Güvenliğin Milli Güvenlik Açısından Önemi ve Alınabilecek Tedbirler. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 9(18), 145-181.
- Keidanren Japan Business Federation. (2018). Toward Realization Of The New Economy And Society. Reform Of The Economy And Society By The Deepening Of “Society 5.0”.
- Keleş, A., & Keleş, A. (2018). Nesnelerin İnternetinin Getirdiği Yenilikler Ve Sorunlar. *Turkish Studies Information Technologies & Applied Sciences*, 13(3), 53-66.
- Kharb, S., & Singhrova, A. (2019). Fuzzy based priority aware scheduling technique for dense industrial IoT networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 125, 17–27.
- Kho, D. D., & Seungmin Lee, R. Y. (2018). Big Data Analytics for Processing Time Analysis in an IoT-enabled manufacturing Shop Floor. *Procedia Manufacturing*, 26, 1411–1420.
- Khodadadi, F., Dastjerdi, A. V., & Buyya, R. (2016). Internet of Things: An Overview. In Buyya, R., & Dastjerdi, A. V. (Eds.), *Internet of Things: Principles and Paradigms* (pp. 125–142). Cambridge, UK: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-805395-9.00001-0
- Killeen, P., Ding, B., Kiringa, I., & Yeap, T. (2019). IoT-based Predictive Maintenance for Fleet Management. *Procedia Computer Science*, 151, 607–613.
- Kim, K., Lee, J., & Lee, J. (2014). Energy Efficient and Reliable ARQ Scheme (E2R-ACK) for Mission Critical MM/IoT Services. *Wireless Personal Communications*, 78(4), 1917–1933.
- Krause, P. J. (2010). Rom business ecosystems towards digital business ecosystems. *Digital Ecosystems and Technologies (DEST)*, 2010 4th IEEE International Conference on. Retrieved from
- Kremmel, T., Kubalík, J., & Biffl, S. (2011). Software project portfolio optimization with advanced multiobjective evolutionary algorithms. *Applied Soft Computing*, 11(1), 1416–1426.
- Kshetri, N. (2018). Blockchain’s Roles in Meeting Key Supply Chain Management Objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80–89.
- Küçükkalay, M. (1997). Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2, 51-68.
- Kuiler, E. W. (2014). From Big Data to Knowledge: An Ontological Approach to Big Data Analytics. *The Review of Policy Research*, 31(4), 311–318. doi:10.1111/ropr.12077

- Kulkarni, A., & Sathe, S. (2014). Healthcare applications of the Internet of Things: A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(5), 6229–6232.
- Kumar, M., Graham, G., Hennelly, P., & Srari, J. (2016). How will smart city production systems transform supply chain design: A product-level investigation. *International Journal of Production Research*, 54(23), 7181–7192.
- Kumari, A., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2018). Fog computing for Healthcare 4.0 environment: Opportunities and challenges. *Computers & Electrical Engineering*, 72, 1–13.
- Kumari, A., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N., Maasberg, M., & Choo, K.-K. R. (2018). Multimedia big data computing and Internet of Things applications: A taxonomy and process model. *Journal of Network and Computer Applications*, 124, 169–195.
- Kurbanoglu, S. (1996). Sanal Gerçeklik: Gerçek Mi, Değil Mi? *Türk Kütüphaneciliği*, 10(1), 21–31.
- Kurtz, J., & Shockley, R. (2013). Analytics: The real-world use of big data in manufacturing. IBM Institute for Business Value.
- Laney, D. (2001). 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety. META Group Research Note, 6(70).
- Lasi, H., Kemper, H.-G., Fetteke, P., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 4(4), 239–242. doi:10.1007/s12599-014-0334-4
- Lebied, M. (2018). 12 Examples of Big Data Analytics In Healthcare That Can Save People. datapine.
- Lebied, M. (2018). The Impact of Big Data on The Retail Sector: Examples And Use-Cases. datapine.
- Lee, E. (2008). *Cyber Physical Systems: Design Challenges*.
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431–440.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture For Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
- Levit, L., Balogh, E., & Nass, S. (2013). *Delivering High-Quality Cancer Care: Charting a New Course for a System in Crisis*. Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/18359
- Libelium. (2013). Libelium Smart World Infographic – Sensors for Smart Cities, Internet of Things and beyond.

- LiL.RenJ.ZhuQ. (2017). On the application of LoRa LPWAN technology in sailing monitoring system. 13th Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS), 77-80. 10.1109/WONS.2017.7888762
- Liu, Y., & Liu, Y. K. (2017). Distributionally robust fuzzy project portfolio optimization problem with interactive returns. *Applied Soft Computing*, 56, 655–668. doi:10.1016/j.asoc.2016.09.022
- Logistics. (2000). In Swamidass, P. M. (Ed.), *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Boston, MA: Springer. doi:10.1007/1-4020-0612-8
- Loree, N., & Aros-Vera, F. (2018). Points of distribution location and inventory management model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review*, 116, 1–24. doi:10.1016/j.tre.2018.05.003
- Luthra, S., & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179.
- M., Lin, C. T., & Liu, X. (2016). Internet of vehicles: Motivation, layered architecture, network model, challenges, and future aspects. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*, 4, 5356–5373. doi:10.1109/ACCESS.2016.2603219
- MacIvaine, B. (2019). Gaining Advantages through Knowledge. *Filtration+Separation*, 56(1), 18–19. 10.1016/S0015-1882(19)30034-5
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet Of Things (Iot): A Literature Review. *Journal Of Computer Communications*, 3(05), 164–173. doi:10.4236/jcc.2015.35021
- Maharjan, R., & Hanaoka, S. (2018). A multi-actor multi-objective optimization approach for locating temporary logistics hubs during disaster response. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 8(1), 2–21. doi:10.1108/JHLSCM-08-2017-0040
- Maksimović, M., Vujović, V., & Perišić, B. (2015). A Custom Internet of Things Healthcare System. *Proceedings of 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*.
- Maney, K. (2014). Kevin Ashton, Father of the Internet of Things & Network Trailblazer.
- Mangalvedhe, N., Ratasuk, R., & Ghosh, A. (2016). NB-IoT deployment study for low power wide area cellular IoT. *IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 1-6. 10.1109/PIMRC.2016.7794567
- Manyika, M. C., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition and Productivity*.
- Marcelin, J. M., Horner, M. W., Ozguven, E. E., & Kocatepe, A. (2016). How does accessibility to post-disaster relief compare between the aging and the general population? A spatial

network optimization analysis of hurricane relief facility locations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 61–72. doi:10.1016/j.ijdr.2015.12.006

- Mark, P., & Ladan, D. (2015). *The Growth Game-Changer: How the Industrial Internet of Things can drive progress and prosperity*.
- Maropost. (2019). *5 Ways Big Data Plays a Major Role in the Media and Entertainment Industry*. Maropost.
- Marr, B. (2015b). *Big Data: A Game Changer In The Retail Sector*. Forbes Media LLC.
- Marr, B. (2015c). *Why We Need More Big Data Doctors*. SmartData Collective.
- Marr, B. (2016a). *Big Data in Practice*. Wiley.
- Marr, B. (2016b). *CERN: Understanding the universe with Big Data*. 123 Internet Group.
- Marr, B. (2017). *IoT And Big Data At Caterpillar: How Predictive Maintenance Saves Millions Of Dollars*.
- Martin, L. M., & Matlay, H. (2001). Blanket approaches to promoting ICT in small firms: Some lessons from the DTI ladder adoption model in the UK. *Internet Research*, 11(5), 399–410.
- MarwahaD.SharmaA. (2018). A review on approximate computing and some of the associated techniques for energi reduction in IOT. In *Proceedings of 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)* (pp. 319-323). 10.1109/ICISC.2018.8399087
- MayD.StecheleW. (2016) Voltage over-scaling in sequential circuits for approximate computing. In *Proceedings of Internasional Conference on Design and Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS)* (pp. 1-6). 10.1109/DTIS.2016.7483887
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Büyük Veri: Yaşama, Çalışma ve Düşünme Şeklimizi Dönüştürecek Bir Devrim* (Erol, B., Trans.). İstanbul, Turkey: Paloma.
- McDonald, A. M., & Cranor, L. F. (2008). The Cost ff Reading Privacy Policies. *Isjlp*, 4, 543.
- McDonald, C. (2017). *Big Data Opportunities for Telecommunications*. MapR Technologies.
- McFarlane, D. (2018). *Industrial Internet of Things: Applying IoT in the Industrial Context. Connected Everything*.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LP-WAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1–7.
- Mete, H. O., & Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 76–84.
- Metz, U., Foerster, S., Katrin, M., Nina, G., Kompalla, A., & Christian, H. (2018). Digital transformation and its implications on organizational behavior. *Journal of EU Research in Business*.

- Mikhaylov, K., Petaejaevaervi, J., & Haenninen, T. (2016). Analysis of capacity and scalability of the LoRa low power wide area network technology. 22th European Wireless Conference, 1-6.
- Miller, M. J., & Vaidya, N. H. (2005). A MAC protocol to reduce sensor network energy consumption using a wakeup radio. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 4(3), 228–242.
- Minka, T. (2016). TrueSkill Ranking System. Microsoft.
- MisraS.GuptaA.KrishnaP. V.AgarwalH.ObaidatM. S. (2012) An adaptive learning approach for fault-tolerant routing in Internet of Things. In *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)* (pp. 815-819). 10.1109/WCNC.2012.6214484
- Mitsotakis, A., & Kassaras, G. (2010). Managing disaster in the Ionian Sea: Planning and optimizing logistics for disaster relief operations for the island of Kefalonia. Naval Postgraduate School.
- Molka-Danielsen, J., Engelseth, P., & Wang, H. (2018). Large scale integration of wireless sensor network technologies for air quality monitoring at a logistics shipping base. *Journal of Industrial Information Integration*, 10, 20–28. doi:10.1016/j.jii.2018.02.001
- Morabito, V. (2015). *Big Data and Analytics: Strategic and Organizational Impacts*. New York, NY: Springer.
- Moreira, F., Ferreira, M. J., & Seruca, I. (2018). Enterprise 4.0 – the emerging digital transformed enterprise? *Procedia Computer Science*, 138, 525–532. doi:10.1016/j.procs.2018.10.072
- Moreno, J. (2013). *From analog to digital*. Instituto Universitario de Lisboa, Departamento de Sociologia.
- Mulyono, N. B., & Ishida, Y. (2014). Humanitarian logistics and inventory model based on probabilistic cellular automata. *International Journal of Innovative Computing, Information, & Control*, 10(1), 357–372.
- Munné, R. (2016). Big Data in the Public Sector. In *New Horizons for a Data Driven Economy* (p. 196). Springer Open. doi:10.1007/978-3-319-21569-3
- Murison, M. (2018). Health IoT: Ingestible sensor can help diagnose disease, *Internet of Business*.
- Najafi, M., Eshghi, K., & De Leeuw, S. (2014). A dynamic dispatching and routing model to plan/re-plan logistics activities in response to an earthquake. *OR-Spektrum*, 36(2), 323–356.
- Narayanan, A., & Shmatikov, V. (2007). How To Break Anonymity of the Netflix Prize Dataset.
- Narayanan, V. (2014). Using Big-Data Analytics to Manage Data Deluge and Unlock Real-Time Business Insights. *The Journal of Equipment Lease Financing*, 32(2), 1–6.

- Nash, D. B. (2008). Health 3.0, a peer-reviewed journal for managed care and hospital formulary management, 33(2), 69-75.
- Nest. (2017). Real Savings. Nest Labs.
- Netflix. (2019). The Netflix Tech Blog. Netflix.
- Neumann, P., Montavont, J., & Noël, T. (2016). Indoor deployment of low-power wide area networks (LPWAN): A LoRaWAN case study. 2016 IEEE 12th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob).
- Nguyen, K. T. P., & Medjaher, K. (2019). A New Dynamic Predictive Maintenance Framework Using Deep Learning for Failure Prognostics. *Reliability Engineering & System Safety*, 188(February), 251–262.
- Niden, H. L., & Spriggs, T. G. (2016). How smart, connected products are transforming companies: Interaction. *Harvard Business Review*, 94(1), 18–24.
- Niewolny, J. D. (2013). How the Internet of Things is Revolutionizing Healthcare, Freescale Semiconductors. NXP, White Paper.
- Nitti, M., Girau, R., & Atzori, L. (2014). Trustworthiness Management in the Social Internet of Things. *Transactions On Knowledge And Data Engineering IEEE*, 1253-1266. DOI:10.1109/TKDE.2013.105
- Nobre, G. C., & Tavares, E. (2017). Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: A bibliometric study. *Scientometrics*, 111(1), 463–492.
- O'Halloran, D., & Kvochko, E. (2015). Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services.
- Obaid, A., Hussain, F., & Fernando, X. (2017). Adaptive switching for efficient energy harvesting in energi constraint IoT devices. In *Proceedings of IEEE 86th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall)* (pp. 1-5). 10.1109/VTCFall.2017.8288391
- OECD. (2016). Big Data: Bringing Competition Policy To The Digital Era. *Daf/Comp(2016)14*.
- OECD. (2017). Key Issues Paper. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level, Paris.
- Olson, P. (2014). Nest Gives Google Its Next Big Data Play: Energy. *Forbes*. Retrieved from
- Önsüz, M., & Atalay, B. (2015). Afet Lojistiği. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 37(3), 1–6.
- Oprea, S. V., & Lungu, I. (n.d.). Informatics Solutions for Smart Metering Systems Integration. *Informatica Economică*, 19(4), 28-42. DOI:10.12948/issn14531305/19.4.2015.03
- Oracle. (2015). Improving Manufacturing Performance with Big Data Architect's Guide and Reference Architecture Introduction. Oracle Enterprise Architecture Whitepaper,
- Osetskyi, V. (2019). IoT in Healthcare: Use Cases, Trends, Advantages, and Disadvantages. D Zone Presentation.

- Öz, C., & Topaloğlu, Y. (2016), Gelecek Nesil Gömülü Sistem Uygulamaları İçin Kullanıcı Etkileşimi Yaklaşımı Önerisi, 10. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu.
- Özdamar, L., & Demir, O. (2012). A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation*
- Özdamar, L., & Ertem, M. A. (2015). Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics. *European Journal of Operational Research*, 244(1), 55–65.
- Özdemir, A., Naralan Nursaçan, M. N., & Nursaçan, İ. C. (2018). 2014-2018 Yılları Arasında Nesnelerin İnterneti (Iot) Üzerine Bir Literatür Taraması. *Social Sciences Research Journal Banüsad*, 1(2), 1–22.
- Ozkapici, D. B., Ertem, M. A., & Aygüneş, H. (2016). Intermodal humanitarian logistics model based on maritime transportation in Istanbul. *Natural Hazards*, 83(1), 345–364.
- Özsoylu, A. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 41-64.
- Pamuk, N., & Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Verimlilik Dergisi*, (1), 41-66.
- Park, E., Bae, J., Choi, Y., & Han, Y. (2018). Energy-Efficient Random Access for LTE-Based Stationary IoT Networks. *IEEE Communications Letters*, 23(2), 346–349.
- Patel, N. (2019). Peerbits, Internet of things in healthcare: applications, benefits, and challenges, *Health & Fitness, IoT*.
- Pérez, F., Gómez, T., Caballero, R., & Liern, V. (2018). Project portfolio selection and planning with fuzzy constraints. *Technological Forecasting and Social Change*, 131, 117–129.
- Pinto, J. K. (2016). *Project management: achieving competitive advantage* (4th ed.). Pearson Education Inc.
- Pradhan, S. (2019). The present and future of ingestible sensors. The new taste of science. Retrieved from
- Qi, J., Yang, P., Min, G., Amft, O., Dong, F., & Xu, L. (2017). Advanced internet of things for personalised healthcare systems: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 41, 132–149.
- Qin, W., Chen, S., & Peng, M. (2019). Recent Advances in Industrial Internet: Insights and Challenges. *Digital Communications and Networks*, 1-13. 10.1016/j.dcan.2019.07.001
- Qualcomm Inc. (2018, May). Physical layer aspects of early data transmission-R1-1807103. 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #93, Busan, Korea.
- Radanliev, P., De Roure, D. C., Nurse, J. R., Montalvo, R. M., & Burnap, P. (2019). The Industrial Internet-of-Things in the Industry 4.0 supply chains of small and medium sized enterprises. University of Oxford.

- Rahmani, A. M., Gia, T. N., Negash, B., Anzanpour, A., Azimi, I., Jiang, M., & Liljeberg, P. (2018). Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. *Future Generation Computer Systems*, 78, 641–658. doi:10.1016/j.future.2017.02.014
- Ratasuk, R., Vejlgard, B., Mangalvedhe, N., & Ghosh, A. (2016). NB-IoT system for M2M communication. *IEEE Wireless Communications And Networking Conference*.
- Rawlinson, K. (2014). HP Study Reveals 70 Percent of Internet of Things Devices Vulnerable to Attack.
- Reyna, A., Martín, C., Chen, J., Soler, E., & Díaz, M. (2018). On Blockchain and Its Integration with IoT. Challenges and Opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 88, 173–190.
- Rezaei-Malek, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014). Robust humanitarian relief logistics network planning. *Uncertain Supply Chain Management*, 2(2), 73–96.
- Rodríguez, A., Ortega, F., & Concepción, R. (2017). An intuitionistic method for the selection of a risk management approach to information technology projects. *Information Sciences*, 375, 202–218. doi:10.1016/j.ins.2016.09.053
- Rodríguez-Espíndola, O., Albores, P., & Brewster, C. (2018). Disaster preparedness in humanitarian logistics: A collaborative approach for resource management in floods. *European Journal of Operational Research*, 264(3), 978–993.
- Rogers, D., (2016). *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia University Press.
- Rohokale, V. M., Prasad, N.R., & Prasad, R. (2011). A Cooperative Internet of Things (IoT) for Rural Healthcare Monitoring and Control. *IEEE*. doi: 978-1-4577-0787-2/11
- Roland, J., Figueira, J. R., & De Smet, Y. (2016). Finding compromise solutions in project portfolio selection with multiple experts by inverse optimization. *Computers & Operations Research*, 66, 12–19. doi:10.1016/j.cor.2015.07.006
- Rosberg, Z., Liu, R. P., Dinh, T. L., Dong, Y. F., & Jha, S. (2010). Statistical reliability for energy efficient data transport in wireless sensor networks. *Wireless Networks*, 16(7), 1913–1927.
- SachanD.GoswamiM.MisraP. K. (2018). Analysis of modulation schemes for Bluetooth-LE module for Internet-ofThings (IoT) applications. In *Proceedings of IEEE Internasional Conference on Consumer Electronics (ICCE)* (pp. 1-4). 10.1109/ICCE.2018.8326204
- Salman, F. S., & Yücel, E. (2015). Emergency facility location under random network damage: Insights from the Istanbul case. *Computers & Operations Research*, 62, 266–281.
- Sanchez-Iborra, R., & Cano, M. D. (2016). State of the art in LPWAN solutions for industrial IoT services. *Sensors (Basel)*, 16(5), 708.

- Sanchez-Iborra, R., Gómez, J. S., Santa, J., Fernández, P. J., & Skarmeta, A. F. (2017). Integrating LP-WAN communications within the vehicular ecosystem. *Journal of Internet Services and Information Security*, 7(4), 45–56.
- Sarıtaş, T., & Üner, N. (2013). Eğitimdeki Yenilikçi Teknolojiler: Bulut Teknolojisi. *Journal of Research in Education and Teaching*, 2(3).
- Sarvari, P. A., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I., & Cebi, S. (2018). Technology roadmap for Industry 4.0. In *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation* (pp. 95–103). Cham: Springer.
- Schaefer, D., & Cheung, W. M. (2018). Smart Packaging: Opportunities and Challenges. *Procedia CIRP*, 72, 1022–1027.
- Seawright, J., Gerring, J., & Seawright, J. (2008). Case Selection Techniques in Case Study Research: A Menu of Qualitative and Quantitative Options. *Political Research Quarterly*, 61(2), 294–308.
- Serpa, S., & Ferreira, C. (2018). Society 5.0 and Social Development: Contributions to a Discussion, *Journal reference. Management and Organizational Studies*, 5(4), 26–31.
- Shah, S. T. U., Badshah, F., Dad, F., Amin, N., & Jan, M. A. (2019). Cloud - Assisted IoT - Based Smart Respiratory Monitoring System for Asthma Patients.
- Shancang, L., Li, D. X., & Shanshan, Z. (2015). The internet of things: A survey. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 243–259.
- Sharma, N., & Agarwal, M. (2018). Real-Time Big Data Analysis Architecture and Application. In *Data Science and Big Data Analytics* (p. 314). Singapore: Springer. doi:doi:10.1007/978-981-10-7641-1
- Shen, X. (2012). Emerging technologies for e-healthcare. *IEEE Network*, 26(5), 2–3. doi:10.1109/MNET.2012.6308066
- Sheu, J. B. (2007). An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. *Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review*, 43(6), 687–709. doi:10.1016/j.tre.2006.04.004
- Sinha, A., Kumar, P., Rana, N. P., Islam, R., & Dwivedi, Y. K. (2017). Impact of internet of things (IoT) in disaster management: A task-technology fit perspective. *Annals of Operations Research*.
- Sodano, H. A., Dereux, R., Simmers, G. E., & Inman, D. J. (2004). Power harvesting using thermal gradients for recharging batteries. In *Proceedings of 15th international conference on adaptive structures and technologies* (pp. 25-27). Academic Press.
- Sodano, H. A., Inman, D. J., & Park, G. (2004). A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials. *Shock and Vibration Digest*, 36(3), 197–206.

- Sommer, P., & Wattenhofer, R. (2009). Gradient clock synchronization in wireless sensor networks. In *Proceedings of the International Conference on Information Processing in Sensor Networks* (pp. 37-48). Academic Press.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57. DOI: 10.30794/pausbed.424955
- Standard, T. S. E. (2016). Dördüncü Sanayi Devrimi, *Ekonomik ve Teknik Dergi*. Eylül.
- Stettina, C. S., & Hörz, J. (2015). Agile portfolio management: An empirical perspective on the practice in use. *International Journal of Project Management*, 33(1), 140–152.
- Stojkoska, B. R., Soley, D., & Davcev, D. (2012). Variable step size LMS Algorithm for Data Prediction in wireless sensor networks. *Sensors & Transducers*, 14(2), 111–124.
- Stojkoska B. R. Nikolovski Z. (2017). Data compression for energy efficient IoT solutions. In *Proceedings of 25th Telecommunication Forum (TELFOR)* (pp. 1-4). 10.1109/TELFOR.2017.8249368
- Subrahmanya, P. (2019). *Bayer Crop Science Drives Innovation in Precision Agriculture Using AWS IoT*. Academic Press.
- Subramaniam, M., Iyer, B., & Venkatraman, V. (2019). Competing in digital ecosystems. *Business Horizons*, 62(1), 83–94.
- Sudevalayam, S., & Kulkarni, P. (2010). Energy harvesting sensor nodes: Survey and implications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 13(3), 443–461.
- Sümer, B. (2018). Impact of Industry 4.0 on Occupations and Employment in Turkey. *European Scientific Journal*, 14(10).
- Sun, Y., & Song, H., Jara, A. J., & Bie, R. (2016). Internet of Things and Big Data Analytics for Smart and Connected Communities. *IEEE Access: Practical Innovations, Open Solutions*
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelfflé, S. (2010). Vision And Challenges For Realising The Internet Of Things. *Cluster Of European Research Projects On The Internet Of Things*, European Commission, 3(3), 34–36. doi:doi:10.2759/26127
- Tan, L. (2010). Future internet: The Internet of Things. In *Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)* (vol. 5, pp. 376-380).
- Tan, Y. S., Ng, Y. T., & Low, J. S. C. (2017). Internet of Things Enabled Real-time Monitoring of Energy Efficiency on Manufacturing Shop Floors. *Procedia CIRP*, 61, 376–381.
- Tang, L., Shi, H. Y., & Chen, Q. B. (2013). Self-adaptive power saving mechanism for M2M. In *Proceedings of 5th IET International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks* (pp. 18-23). Academic Press.

- Taş, H. Y., Demirdöğmez, M., & Küçüköğlü, M. (2017). Geleceğimiz Olan Z Kuşağının Çalışma Hayatına Muhtemel Etkileri. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 7(13), 1033–1048.
- Tavana, M., Abtahi, A. R., Di Caprio, D., Hashemi, R., & YousefiZenouz, R. (2018). An integrated location-inventory-routing humanitarian supply chain network with pre-and post-disaster management considerations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 64, 21–37.
- Tavana, M., Khalili-Damghani, K., & Sadi-Nezhad, S. (2013). A fuzzy group data envelopment analysis model for high-technology project selection: A case study at NASA. *Computers & Industrial Engineering*, 66(1), 10–23. doi:10.1016/j.cie.2013.06.002
- Taylor, T. (2015). How the U.S. women’s cycling team transformed itself with technology. *Sports Illustrated*.
- Tenderich, A. (2019). Artificial Pancreas: What You Should Know. *Healthline*.
- Teresa, T. M., & Borges, P. M. (2014). Digital marketing and social media: Why bother? *Business Horizons*, 57(6), 703–708.
- Thramboulidis, K., & Christoulakis, F. (2016). UML4IoT-A UMLBased Approach to Exploit IoT in Cyber-Physical Manufacturing Systems. *Computers in Industry*, 82, 259–272.
- Thuemmler, C., & Bai, C. (2017). Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare. In *Health 4.0: Application of Industry 4.0 Design Principles in Future Asthma Management* (pp. 23–37). Springer.
- Titimus, P. M. (2016). Big Data Analytics in the Higher Education: Need of the Future. In *Advances in Communication, Cloud and Big Data* (p. 23). Springer Nature Singapore.
- Tunzelmann, N. V. (2003). Historical Coevolution Of Governance And Technology In The Industrial Revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, 4(14), 365–384.
- Turea, M. (2019). *Ultimate Guide To Big Data In Healthcare*.
- Türkay, İ. (2018). *Digital in 2018. Raporunda Dünyada ve Türkiye’de Durum*.
- Tzokas, N., Hultink, E. J., & Hart, S. (2004). Navigating the new product development process. *Industrial Marketing Management*, 33(7), 619–626. doi:10.1016/j.indmarman.2003.09.004
- Uber. (2019). *How surge pricing works*. Uber Technologies, Inc.
- Ulas, D., (2015). *Global Marketing (Küresel Pazarlama)*. Pearson yayınevi, Çeviri editörü Rezan Tatlıdil, 15. Bölüm çevirisi, *Küresel Pazarlama ve Dijital Devrim*, Nobel Yayınevi, Ekim, 442-467.
- Unger, B. N., Kock, A., Gemünden, H. G., & Jonas, D. (2012). Enforcing strategic fit of project portfolios by project termination: An empirical study on senior management involvement. *International Journal of Project Management*, 30(6), 675–685.

- Ünver, M., & Canbay, C. (2010). Ulusal ve Uluslararası Boyutlarıyla Siber Güvenlik. *Elektrik Mühendisliği*, (438), 94-103.
- Urquhart, L., & McAuley, D. (2018). Avoiding the internet of insecure industrial things. *Computer Law & Security Review*, 34(3), 450–466. doi:10.1016/j.clsr.2017.12.004
- Vahdani, B., Veysmoradi, D., Noori, F., & Mansour, F. (2018). Two-stage multi-objective location-routing-inventory model for humanitarian logistics network design under uncertainty. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 290–306.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2013). *VOSviewer manual*. Leiden: Univeriteit Leiden.
- Van Wassenhove, L. N. (2006). Humanitarian aid logistics: Supply chain management in high gear. *The Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 475–489.
- Verbano, C., & Nosella, A. (2010). Addressing R&D investment decisions: A cross analysis of R&D project selection methods. *European Journal of Innovation Management*, 13(3), 355–379.
- Virmani, A. (2018). *How Big Data is Transforming Retail Industry*. Simplilearn Solutions.
- Vishnevskiy, K., Karasev, O., & Meissner, D. (2016). Integrated roadmaps for strategic management and planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 153–166.
- von Leipzig, T., Gampa, M., Manz, D., Schöttle, K., & Ohlhausena, P. (2017). Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises. *Procedia Manufacturing*, 517 – 524.
- Wan, J., Zou, C., Ullah, S., Lai, C. F., Zhou, M., & Wang, X. (2013). Cloud-enabled wireless body area networks for pervasivehealthcare. *IEEE Network*, 27(5), 56–61.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Toward Smart Factory For Industry 4.0: A Self Organized Multi-Agent System With Big Data Based Feedback And Coordination. *Computer Networks*, 101, 158–168. doi:10.1016/j.comnet.2015.12.017
- Warner, K. S. R., & Maximilian, W. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52(3), 326–349.
- Weber, E. (2016). *Industry 4.0 – job-producer or employmentdestroyer?* Institute for Employment Research.
- Wei, M., Hong, S. H., & Alam, M. (2016). An IoT-based energymanagement platform for industrial facilities. *Applied Energi*, 164, 607–619. doi:10.1016/j.apenergy.2015.11.107
- Wen, W. (2010). An intelligent traffic management expert system with RFID technology. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 3024–3035.
- Whalen, P. (2007). Strategic and Technology Planning on A Roadmapping Foundation. *Research Technology Management*, 50(3), 40–51. doi:10.1080/08956308.2007.11657440

- Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet Of Things—A Survey Of Topics And Trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261–274.
- Williams, C. A., & Daniel, S. (2017). Digital Transformation of Business Models-Bast Practice, Enablers and Roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21(8).
- Wisskirchen, G., Biacabe, B. T., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G. J., & Von Brauchitsch, B. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and their Impact on the Workplace. IBA Global Employment Institute.
- Wouters, M., Roorda, B., & Gal, R. (2011). Managing uncertainty during R&D projects: A case study. *Research Technology Management*, 54(2), 37–46.
- Wu, G., Talwar, S., Johnsson, K., Himayat, N., & Johnson, K. D. (2011). M2M: From mobile to embedded internet. *IEEE Communications Magazine*, 49(4), 36–43.
- Wu, Y., Xu, C., Ke, Y., Chen, K., & Sun, X. (2018). An intuitionistic fuzzy multi-criteria framework for large-scale rooftop PV project portfolio selection: Case study in Zhejiang, China. *Energy*, 143, 295–309. doi:10.1016/j.energy.2017.10.10
- Xie, R., Liu, A., & Gao, J. (2016). A residual energy aware schedule scheme for WSNs employing adjustable awake/sleep duty cycle. *Wireless Personal Communications*, 90(4), 1859–1887. doi:10.1007/s11277-016-3428-0
- Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things for Industries: A Survey. *Transactions On Industrial Informatics*, IEEE, 2233-2243.
- Yan, L., Zhang, Y., Yang, L.T., & Ning, H. (2008). *The Internet of things, From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems*. Auerbach Publications, Taylor & Francis Group.
- Yan, Z., Zhang, P., & Vasilakos, A. V. (2014). A survey on trust management for Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 42, 120–134.
- Yao, C., Wu, S., Liu, Z., & Li, P. (2019). A deep learning model for predicting chemical composition of gallstones with big data in medical Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*. 94, 140–147. doi:10.1016/j.future.2018.11.011
- Yarman, F. A., & Denemeç, R. (2016). *Dünya ve Türkiye'de Sanayi Devrimleri, Dijital Çağ: Dün, Bugün, Yarın*.
- Ye, D., & Zhang, M. (2017). A self-adaptive sleep/wake-up scheduling approach for wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 48(3), 979–992.
- Ye, W., Heidemann, J., & Estrin, D. (2004). Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 12(3), 493–506.
- Yeditepe Universty. (2019). Endüstri 4.0'dan Toplum 5.0'a.

- Yükçü, S., & Atağan, G. (2009). Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4).
- Zeadally, S., Jesus, T., & Zubair, B. (2016). Security Attacks and Solutions in Electronic Health (E-health) Systems. *Journal of Medical Systems*, 42(251), 263. doi:10.1007/s10916-016-0597-z
- Zhang, K., Liang, X., Lu, R., & Shen, X. (2014). Sybil Attacks and Their Defenses in the Internet of Things. *Internet Of Things Journal, IEEE*, 372-383. DOI:10.1109
- Zhang, Y. (2011, September). Technology Framework of the Internet of Things and its Application. In *2011 Internasional Conference on Electrical and Control Engineering* (pp. 4109-4112).
- Zheng, R., Hou, J. C., & Sha, L. (2003, June). Asynchronous wakeup for ad hoc networks. In *Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing* (pp. 35-45). AC
- Zheng, X., Chen, W., Wang, P., Shen, D., Chen, S., Wang, X., & Yang, L. (2016). Big Data for Social Transportation. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(3), 620–630.
- Zimmermann, V. (2016). SMEs and digitalisation: The current position, recent developments and challenges. KFW Research.

**Penerapan**

# **Internet of Things (IoT)**

**untuk Meningkatkan Produktivitas Perusahaan**

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

## **BIO DATA PENULIS**



Penulis memiliki berbagai disiplin ilmu yang diperoleh dari Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang. dan dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW) Salatiga. Disiplin ilmu itu antara lain teknik elektro, komputer, manajemen, ilmu sosiologi dan ilmu hukum. Penulis memiliki pengalaman kerja pada industri elektronik dan sertifikasi keahlian dalam bidang Jaringan

Internet, Telekomunikasi, Artificial Intelligence, Internet Of Things (IoT), Augmented Reality (AR), Technopreneurship, Internet Marketing dan bidang pengolahan dan analisa data (komputer statistik), Ilmu Perpajakan.

Penulis adalah pendiri dari Universitas Sains dan Teknologi Komputer (Universitas STEKOM ) dan juga seorang dosen yang memiliki Jabatan Fungsional Akademik Lektor Kepala (Associate Professor) yang telah menghasilkan puluhan Buku Ajar ber ISBN, HAKI dari beberapa karya cipta dan Hak Paten pada produk IPTEK. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai Dosen luar biasa di Fakultas Ekonomi & Bisnis (FEB) Universitas Diponegoro Semarang. Penulis juga terlibat dalam berbagai organisasi profesi dan industri yang terkait dengan dunia usaha dan industri, khususnya dalam pengembangan sumber daya manusia yang unggul untuk memenuhi kebutuhan dunia kerja secara nyata.



**YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK**

**PENERBIT :**

**YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK**  
Jl. Majapahit No. 605 Semarang  
Telp. (024) 6723456. Fax. 024-6710144  
Email : penerbit\_ypat@stekom.ac.id

ISBN 978-623-8642-47-2 (PDF)



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



**Penerapan**  
**Internet of Things (IoT)**  
**untuk Meningkatkan Produktivitas Perusahaan**



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