



DASAR-DASAR INDUSTRI 4.0

ISBN 978-623-96413-0-6



9 786239 641306



**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA



DASAR - DASAR INDUSTRI 4.0

**PUSAT PENGEMBANGAN PENDIDIKAN VOKASI INDUSTRI
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

DASAR-DASAR INDUSTRI 4.0

Cetakan I, 2021

Tim Penyusun:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. Roosmariharso | Politeknik STMI Jakarta |
| 2. Dedy Trisanto | Politeknik STMI Jakarta |
| 3. Irna Ekawati | Politeknik ATI Padang |
| 4. Trisna Yuniarti | Politeknik APP Jakarta |
| 5. Ella Melyna | Politeknik STMI Jakarta |
| 6. Febyan Dimas Pramanta | Politeknik STMI Jakarta |

ISBN : 978-623-96413-0-6

Pusat Pengembangan Pendidikan Vokasi Industri
Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia
Jl. Widya Chandra VIII No. 34
Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12190

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, saya menyambut gembira atas terbitnya buku "**Dasar Industri 4.0**", yang disusun oleh Tim Kementerian Perindustrian sebagai salah satu usaha untuk memberikan pondasi bagi seluruh siswa/siswi SMK dan Mahasiswa dalam memahami revolusi industri 4.0. Kehadiran buku ini memang sangat dinantikan oleh dunia pendidikan seiring dengan diluncurkannya "Making Indonesia 4.0" oleh Bapak Presiden pada 4 April 2018. Sejalan dengan itu, dunia pendidikan harus membekali peserta didik dengan pengetahuan terkini sebagai upaya mengurangi kesenjangan /gap kompetensi lulusan yang dihasilkannya.

Atas dasar itulah, Kementerian Perindustrian mewajibkan seluruh unit pendidikan untuk menerapkan Kurikulum Industri 4.0 dengan **materi dasar** yang diberikan kepada siswa SMK dan Mahasiswa Politeknik/ Akademi Komunitas termuat dalam buku **Dasar Industri 4.0**. Materi pembelajaran yang termuat dalam buku ini, disusun secara sistematis dan mencakup pembelajaran serta pelatihan yang merupakan modal awal bagi siswa/mahasiswa dalam memahami teknologi industri 4.0. Menyimak kandungan dalam buku ini, harapan saya buku ini dapat memberikan sentuhan komprehensif membangun SDM Industri yang kompeten sesuai dengan kebutuhan industri masa kini.

Mudah-mudahan buku ini dapat menginspirasi para peserta didik dan masyarakat industri serta menjadi acuan dalam memahami industri 4.0. Buku ini juga dapat menjadi pelengkap bagi dunia pendidikan dalam menyiapkan peserta didik untuk memahami perkembangan teknologi industri 4.0.

Akhirnya saya mengucapkan selamat atas diterbitkannya Buku "**Dasar Industri 4.0**" ini.

Kepala Badan Pengembangan
Sumber Daya Manusia Industri

Arus Gunawan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iiiv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Definisi Industri 4.0.....	3
1.2 Model Arsitektur Industri 4.0.....	8
1.3 Karakteristik Industri 4.0.....	12
1.4 Prinsip Desain Industri 4.0.....	18
1.5 Manfaat Industri 4.0.....	20
1.6 Making Indonesia 4.0.....	22
BAB II <i>INTERNET OF THINGS</i> (IoT).....	27
II.1 Sejarah <i>Internet of Things</i>	27
II.2 Definisi, konsep, dan pilar <i>Internet of Things</i>	30
II.3 <i>Machine to Machine</i> (M2M) dan <i>Internet of Things</i> (IoT).....	35
II.4 Karakteristik <i>Internet of Things</i>	39
II.5 Klasifikasi <i>Internet of Things</i>	39
II.6 Arsitektur <i>Internet of Things</i>	41
II.7 <i>Cyber Physical System</i> (CPS).....	43
II.8 Identifikasi dan Pengambilan Data Otomatis (<i>Automatic Identification and Data Capture/AIDC</i>).....	46
II.9 <i>Augmented Reality</i> (AR) dan <i>Virtual Reality</i> (VR).....	47
BAB III ROBOT OTONOM.....	52
III.1 Robot Otonom.....	52
III.2 Definisi Robot.....	54
III.3 Klasifikasi Robot.....	55
III.4 Otomatisasi dan Klasifikasinya.....	59

III.5 Aplikasi Robot untuk Berbagai Otomatisasi pada Industri Manufaktur	62
BAB IV SISTEM INTEGRASI VERTIKAL DAN HORIZONTAL.....	69
IV.1 Piramida Otomatisasi	69
IV.2 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i> dan Perangkat Pendukung Lainnya	73
IV.3 <i>Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)</i>	76
IV.4 <i>Manufacturing Execution System (MES)</i>	78
IV.5 <i>Enterprise Resource Planning (ERP)</i>	80
IV.6 <i>Cyber Physical Systems (CPS) based Automation</i>	82
IV.7 <i>Open Protocol Communication Unified Architecture (OPC-UA)</i>	86
BAB V KOMPUTASI AWAN (CLOUD COMPUTING).....	90
V.1 Definisi Komputasi Awan.....	92
V.2 Layanan Komputasi Awan	95
V.3 <i>Cloud Computing Deployment Model</i>	99
BAB VI BIG DATA ANALYTIC.....	102
VI.1 Pengertian, Karakteristik dan Manfaat <i>Big Data</i>	102
VI.2 <i>Structured Data</i> dan <i>Unstructured Data</i>	106
VI.3 <i>Historian Data, Real Time Database</i> dan <i>Data Lake</i>	108
VI.3.1 Data Historis.....	108
VI.3.2 <i>Realtime Database</i>	109
VI.3.3 <i>Data Lake</i>	109
VI.4 <i>Data Warehouse, Data Mart, dan Data Mining</i>	112
VI.4.1 <i>Data Warehouse</i>	112
VI.4.2 <i>Data Mart</i>	113
VI.4.3 <i>Data Mining</i>	114
VI.5 <i>Data Science</i>	118
VI.6 <i>Business Intelligence, Data Visualization, dan Intelligent Dashboard</i>	119
VI.6.1 <i>Business Intelligence</i>	119
VI.6.2 <i>Data Visualization</i>	121
VI.6.3 <i>Business Intelligence Dashboard</i>	122

VI.7 <i>Advanced Analytics (Algorithm, Regression, Decision Trees, Time Series Analysis)</i>	123
VI.8 Tingkatan Analisis	125
BAB VII SIMULASI	129
VII.1 Pengertian dan Tujuan Simulasi	129
VII.2 Jenis-Jenis Simulasi	131
VII.3 Simulasi dalam Industri 4.0	132
VII.4 <i>Digital Twin</i>	133
BAB VIII KECERDASAN BUATAN (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)	140
VIII.1 <i>Sejarah dan Definisi Kecerdasan Buatan (Artificial Intellegence)</i>	140
VIII.2 Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intellegence</i>)	142
VIII.3 <i>Artificial Intellegence (AI), Machine Learning (ML), dan Deep Learning(DL)</i>	146
VIII.3.1 <i>Pembelajaran Mesin (Machine Learning)</i>	147
VIII.3.2 <i>Deep Learning (DL)</i>	149
VIII.4 Perbedaan Artificial Intellegence (AI), <i>Machine Learning (ML)</i> , dan <i>Deep Learning(DL)</i>	150
VIII.5 Aplikasi <i>Artificial Intellegence</i> pada Industri.....	152
BAB IX KEAMANAN CYBER (CYBERSECURITY)	155
IX.1 Ancaman <i>Information Security</i>	161
IX.2 Manajemen Resiko (<i>Risk Management</i>)	167
BAB X ADDITIVE MANUFACTURING	173
X.1 Definisi <i>Manufaktur Aditif</i>	173
X.2 Prinsip Kerja Manufaktur Aditif	174
X.3 Teknologi Manufaktur Aditif.....	176
X.4 Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Manufaktur Aditif.....	179
X.5 Aplikasi Manufaktur Aditif.....	182

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Perkembangan Revolusi Industri	2
Gambar I.2 RAMI 4.0	9
Gambar I.3 Perluasan Standar IEC 62264 Hierarki (sebelumnya) menjadi RAMI 4.0 (Industri 4.0)	10
Gambar I.4 Sembilan Teknologi pada Industri 4.0	12
Gambar II.1 Contoh IoT : Aplikasi Gojek	28
Gambar II.2 Evolusi <i>Internet of Things</i>	29
Gambar II.3 Konsep Kerja IoT	31
Gambar II.4 Mekanisme Kerja IoT	32
Gambar II.5 Contoh Sistem IoT	33
Gambar II.6 Pilar IoT	34
Gambar II.7 Hubungan WSN, M2M, dan IoT	37
Gambar II.8 Arsitektur <i>Internet of Things</i>	42
Gambar II.9 Perkembangan dari <i>Internet of Service</i> menjadi <i>Cyber Physical System</i>	43
Gambar II.10 Hubungan Dunia Fisik dengan Dunia Virtual pada CPS	44
Gambar II.11 Pilar Teknologi yang Mendukung CPS	45
Gambar II.12 Aplikasi IOT pada Manufaktur	46
Gambar II.13 Contoh Teknologi AIDC	47
Gambar II.14 Contoh <i>Virtual Reality</i>	48
Gambar II.15 Contoh <i>Augmented Reality</i>	49
Gambar III.1 <i>Robotic Scrubber Drier</i> yang Bisa Dioperasikan secara Otonom di Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta	53
Gambar III.2 Berbagai Jenis Robot (1)	58
Gambar III.3 Berbagai Jenis Robot (2)	58
Gambar III.4 Otomatisasi pada Industri Proses	60
Gambar III.5 Sistem Pengendalian Industri 4.0	60
Gambar III.6 Pemantauan Sistem Pengendalian Proses Industri 4.0	61
Gambar III.7 Otomatisasi Industri	62
Gambar III.8 Aplikasi Robot dalam Industri	63
Gambar III.9 Aplikasi Robot untuk <i>Welding</i>	63

Gambar III.10 Aplikasi Robot pada Industri Perakitan Mobil	64
Gambar III.11 <i>Collaborative Robot</i> (Cobot)	65
Gambar III.12 Axis Robot	65
Gambar III.13 Macam-macam Bentuk Cobot	66
Gambar III.14 <i>Intelligent automation</i>	67
Gambar IV.1 Piramida Otomatisasi Tradisional	72
Gambar IV.2 Pertukaran Data pada Setiap Tingkat Otomatisasi ...	73
Gambar IV.3 Diagram Komponen PLC Secara Umum	74
Gambar IV.4 Modul PLC	75
Gambar IV.5 Pemanfaatan HMI dalam Sistem Pengendalian Proses	76
Gambar IV.6 Diagram Sistem SCADA	77
Gambar IV.7 Contoh Pengendalian Proses dengan Sistem SCADA dengan Tablet	78
Gambar IV.8 Modul-modul pada <i>Manufacturing Execution System</i> (MES)	79
Gambar IV.9 Contoh Modul-modul ERP	80
Gambar IV.10 Visualisasi Kinerja Perusahaan dengan Modul-modul ERP	81
Gambar IV.11a Perubahan Piramida Otomatisasi (Rev.Ind.3.0) ke Otomatisasi Industri 4.0	82
Gambar IV.11.b Otomatisasi Industri 4.0 berbasis <i>Cloud</i>	83
Gambar IV.12 CPS pada Integrasi Vertical dan Horizontal	86
Gambar IV.13 Gambar Pemanfaatan Protokol OPC UA	87
Gambar V.1 Contoh Arsitektur Layanan Komputasi Awan	93
Gambar V.2 Perbedaan Layanan Komputasi Awan dengan <i>On-</i> <i>premise</i>	96
Gambar V.3 Jenis-jenis Komputasi Awan	99
Gambar VI.1 Manfaat <i>Big Data</i>	105
Gambar VI.2 Contoh Data Terstruktur	107
Gambar VI.3 Perkembangan data	108
Gambar VI.4 Kerangka Konseptual <i>Data Warehouse</i>	112
Gambar VI.5 Contoh Penggunaan <i>Data Mart</i>	113
Gambar VI.6 Siklus Hidup <i>Data Science</i>	119

Gambar VI.7 Proses kerja BI, DW, dan DI	121
Gambar VI.8 Tingkatan Analisis	126
Gambar VII.1 Metodologi Simulasi	130
Gambar VII.2 <i>Digital Twin</i>	136
Gambar VIII.1 Evolusi <i>Artificial Intelligence</i>	141
Gambar VIII.2 Klasifikasi Kecerdasan Buatan	143
Gambar VIII.3 Mekanisme Kerja Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence</i>)	145
Gambar VIII.4 Keterkaitan antara AI, ML, dan DL	146
Gambar VIII.5 Kategori <i>Machine Learning</i>	148
Gambar VIII.6 Ilustrasi <i>Multilayer Artificial Neural Networks</i>	150
Gambar IX.1 Berbagai Ancaman pada Sistem Pengendalian Proses	163
Gambar IX.2 Jalur Serangan Siber pada <i>Collaborative Robotic Cyber Physical System</i>	164
Gambar IX.3 Ancaman Siber pada Konvergensi IT, OT, dan IP ...	165
Gambar IX.4 Bagian-bagian dari <i>Risk Management</i>	168
Gambar IX.5 Butir-butir untuk Mengidentifikasi Resiko	169
Gambar X.1 Prinsip Kerja Manufaktur Aditif	176
Gambar X.2 Perbedaan antara Manufaktur Subtraktif dan Manufaktur Aditif	182

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Definisi (Pengertian) Industri 4.0	4
Tabel I.2 Rangkuman Konsep Teknologi yang Mendukung Industri 4.0	13
Tabel IV.1 Piramida Otomatisasi	70
Tabel VI.1 Perbandingan <i>Business Intelligence</i> dan <i>Advanced Analytics</i>	124
Tabel VIII.1 Perbedaan AI, ML, dan DL	151
Tabel X.1 Kelompok Utama Teknologi Manufaktur Aditif	177
Tabel X.2 Kelebihan dan Kekurangan Teknologi AM.....	180

BAB I PENDAHULUAN

Capaian Pembelajaran:

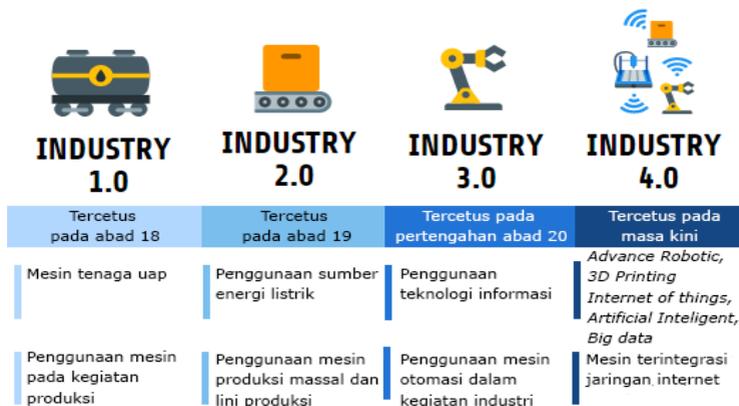
Mampu memahami pengetahuan tentang revolusi industri 4.0; definisi industri 4.0; model arsitektur industri 4.0; karakteristik industri 4.0; prinsip desain industri 4.0 dan manfaat industri 4.0.

Saat ini dengan gelombang revolusi industri 4.0 telah menyebar ke segala penjuru dunia. Dalam revolusi industri 4.0 ini telah dimanfaatkan berbagai gabungan (konvergensi) antara teknologi informasi (IT) dan teknologi operasional (OT) yang dapat menghasilkan digitalisasi sistem produksi (*digital twin*), dan dimanfaatkannya teknologi komputasi awan (*cloud computing*) yang dikombinasikan dengan teknologi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), *Internet of Thing* (IOT), dan *big data* sehingga dimungkinkan terbentuknya *Cyber-Physical System* (CPS) dan industri cerdas (*smart factory*).

Revolusi industri 4.0 ini juga merupakan pengembangan dari revolusi industri sebelumnya yang telah menyebabkan perubahan paradigma pada sektor manufaktur. Teknologi mekanisasi yang menggunakan tenaga air dan uap muncul pada era revolusi industri 1.0. Kemudian teknologi produksi massal pada lini perakitan yang menggunakan tenaga listrik muncul pada era revolusi industri 2.0. Selanjutnya teknologi otomatisasi yang menggunakan teknologi informasi hadir pada era revolusi industri 3.0. Jenis-jenis teknologi yang muncul pada masing-masing era revolusi industri tersebut dapat dilihat pada Gambar I.1.

Revolusi industri 1.0 dimulai sekitar abad 17-an dengan diperkenalkannya tenaga air dan uap yang membantu

mekanisasi produksi dan peningkatan sektor pertanian. Kemudian, Revolusi Industri 2.0 dimulai sekitar abad 18-an dengan diperkenalkan tenaga listrik dan produksi massal pada sektor manufaktur. Sedangkan Revolusi Industri 3.0 muncul sekitar abad 20-an dengan diperkenalkan otomatisasi, teknologi informasi, dan berbagai komponen/peralatan elektronik. Di Indonesia, bahkan beberapa teknologi tradisional baik yang muncul pada Revolusi Industri 1.0, atau Revolusi Industri 2.0 masih banyak digunakan terutama pada skala industri kecil maupun menengah. Sebagian teknologi yang diperkenalkan pada Revolusi Industri 3.0 juga sudah banyak dimanfaatkan oleh industri baik skala besar, menengah, dan kecil. Kini saatnya beberapa industri di Indonesia sedang memikirkan untuk melakukan digitalisasi atau transformasi menuju industri 4.0 dari era industri 3.0 atau era industri 2.0. Bahkan industri kecil dan menengah di Indonesia dimungkinkan bisa saja melompat dari era industri 2.0 langsung ke era industri 4.0, tanpa melalui era industri 3.0. Untuk pendampingan transformasi di Indonesia sudah ada industri yang telah ditetapkan sebagai "lighthouse" untuk membantu/membimbing industri lainnya mengadopsi teknologi industri 4.0.



Gambar I.1 Perkembangan Revolusi Industri

I.1 Definisi Industri 4.0

Istilah industri 4.0 lahir dari ide revolusi industri keempat dan mulai dicetuskan pertama kali oleh sekelompok perwakilan tenaga ahli berbagai bidang asal Jerman, pada tahun 2011 dalam acara *Hannover Messe*. Kemudian untuk menindak lanjuti ide tersebut, pada 2015, Kanselir Jerman Angella Merkel mengenalkan gagasan Revolusi Industri 4.0 di acara *World Economic Forum* (WEF). Jerman sendiri menggelintirkan modal ratusan juta Euro untuk mendukung kalangan akademisi, pemerintah, dan dunia usaha untuk melakukan penelitian lintas akademis mengenai konsep Industri 4.0.

"Industri 4.0" merupakan inisiatif strategis nasional dari pemerintah Jerman melalui Kementerian Pendidikan dan Penelitian (BMBF - *Bundesministerium für Bildung und Forschung*) dan Kementerian untuk Urusan Ekonomi dan Energi (BMW - *Bundesministerium für Wirtschaft und energie*) yang melibatkan berbagai tenaga ahli baik dari kalangan pemerintah, dunia usaha dan kalangan akademisi. (*European Commission, Digital Transformation Monitor, 2017*).

Tujuan dari inisiatif Pemerintah Jerman tersebut adalah melakukan transformasi industri manufaktur melalui digitalisasi dan eksploitasi potensi teknologi baru dalam rangka menghadapi tantangan global yang semakin ketat dan memenuhi kebutuhan untuk adaptasi produksi yang cepat terhadap permintaan pasar yang selalu berubah. Industri 4.0 merupakan pendekatan yang menjanjikan berdasarkan integrasi proses bisnis dan manufaktur, serta integrasi semua pelaku dalam rantai nilai perusahaan (pemasok dan pelanggan), (Andreja Rojko, 2017).

Beberapa negara lain juga turut serta dalam mewujudkan konsep industri 4.0 namun menggunakan istilah yang berbeda seperti *Smart Factories, Industrial*

Internet of Things, Smart Industry atau *Advanced Manufacturing*. Meski memiliki penyebutan istilah yang berbeda, semuanya memiliki tujuan yang sama yaitu untuk meningkatkan daya saing industri tiap negara dalam menghadapi pasar global yang dinamis. (Hoedi Prasetyo dkk, 2018).

Perlu diketahui bahwa definisi mengenai industri 4.0 saat ini mengalami keanekaragaman, hal ini disebabkan konsepnya masih dalam tahap penelitian dan pengembangan. Sung Ing Tay dkk (2018) telah melakukan kompilasi dari berbagai sumber mengenai definisi industri 4.0 sebagaimana tabel berikut:

Tabel I.1 Definisi (Pengertian) Industri 4.0

Penulis	Defenisi (Pengertian)
Kagermann, Wahlster & Johannes (2013)	Industri 4.0 memanfaatkan kekuatan teknologi informasi & komunikasi dan penemuan inovatif untuk mendorong pengembangan industri manufaktur.
Qin, Liu & Grosvenor (2016)	Industri 4.0 mendorong terjadinya peningkatan efisiensi produksi dengan mengumpulkan data secara cerdas, yang dapat menghasilkan keputusan yang benar dan tanpa keraguan dengan bantuan kecerdasan buatan. Bahkan dengan menggunakan teknologi canggih pada era industri 4.0 tersebut, prosedur pengumpulan dan interpretasi data akan berjalan lebih mudah untuk menghasilkan keputusan yang lebih cepat. Kemampuan teknologi interoperabilitas yang berperan sebagai 'jembatan penghubung' juga dapat

Penulis	Defenisi (Pengertian)
	menciptakan kondisi lingkungan manufaktur yang andal.
Schumacher, Erol & Sihh (2016)	Industri 4.0 dikelilingi oleh jaringan teknologi canggih di sepanjang rantai nilai. Layanan berorientasi pelanggan, otomasi, robotika, kecerdasan buatan, <i>Internet of Thing</i> (IOT) dan manufaktur aditif membawa era baru dalam proses manufaktur. Batas-batas antara dunia nyata dan dunia " <i>virtual</i> " semakin kabur dan menghasilkan fenomena <i>Cyber-Physical Production Systems (CPPS)</i> .
Schwab (2016)	Industri 4.0 mengintegrasikan beberapa karakteristik teknologi baru, misalnya: dunia fisik, digital, dan biologis. Peningkatan penggunaan teknologi era industri 4.0 memberikan dampak signifikan terhadap industri, ekonomi dan rencana pembangunan pemerintah. Schwab menyatakan bahwa industri 4.0 merupakan salah satu konsep terpenting dalam pengembangan industri global dan ekonomi dunia.
Wang dkk (2016)	Industri 4.0 memanfaatkan sepenuhnya " <i>emerging technologies</i> " dan pengembangan mesin/peralatan yang mempunyai respon cepat untuk mengatasi tantangan global dalam rangka meningkatkan daya saing industri. Konsep utama industri 4.0 adalah memanfaatkan teknologi informasi

Penulis	Defenisi (Pengertian)
	canggih dan menggunakan layanan IOT. Produksi dapat berjalan lebih cepat dan lancar serta <i>downtime</i> minimal melalui integrasi teknik pengetahuan. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan akan memiliki kualitas yang lebih baik, sistem produksi lebih efisien, lebih mudah untuk mempertahankan dan mencapai penghematan biaya.
Mrugalska & Magdalena (2017)	Pada industri 4.0, mesin/peralatan modern dan canggih yang didukung oleh perangkat lunak canggih dan jaringan sensor dapat digunakan untuk merencanakan, memprediksi, menyesuaikan, dan mengendalikan produksi dan pembentukan model bisnis baru sepanjang rantai nilai dan siklus kehidupan produk. Dengan demikian, industri 4.0 memberikan keuntungan yang besar pada industri agar tetap berdaya saing. Disamping itu juga dapat menciptakan aliran produksi yang lebih dinamis, mempunyai rantai nilai optimal dan dapat dikendalikan secara mandiri.

Sumber: Sung Ing Tay dkk, 2018

Berdasarkan tabel diatas hampir semua penulis menyatakan bahwa pengertian industri 4.0 adalah terkait dengan topik: *Cyber-Physical System (CPS)*, *Internet of Thing (IOT)*, *industrial Internet*, dan sebagainya. Teknologi "enabler" lainnya meliputi antara lain *big data analytics*, *augmented reality*, *additive*

manufacturing, simulation, horizontal & vertical system integration, autonomous robot dan cloud computing.

Selain itu, beberapa penulis menyatakan bahwa industri 4.0 berkonsentrasi pada faktor biaya dan profitabilitas dengan memanfaatkan layanan informasi dan cerdas yang mempunyai teknologi tinggi mutakhir. Secara singkat dari sumber platform industri 4.0 (www.plattform-i40.de) dapat dikatakan bahwa industri 4.0 adalah industri yang mengacu pada kombinasi antara jaringan mesin dan proses yang cerdas dengan teknologi informasi dan komunikasi. Beberapa kemungkinan proses produksi cerdas meliputi antara lain produksi yang fleksibel (*flexible production*), pabrik yang dapat dikonversi (*convertible factory*), solusi yang berorientasi pelanggan (*customer oriented solutions*), logistic yang dioptimalkan (*optimised logistics*), penggunaan data (*use of data*), dan ekonomi sirkular yang efisien sumber daya (*resource efficient circular economy*).

Berdasarkan berbagai kajian definisi industri 4.0, maka industri 4.0 dapat didefinisikan sebagai berikut yaitu: suatu industri yang cerdas dengan memanfaatkan hasil konvergensi teknologi informasi dan teknologi operasional untuk mendapatkan data "real time", melakukan integrasi secara vertikal dan horizontal dari keseluruhan aspek produksi meliputi sepanjang daur kehidupan produk dan rantai nilai, memanfaatkan jaringan "internet of thing (IOT) dan internet of services (IOS)", serta komputasi awan dan "big data analytics" dalam rangka meningkatkan efisiensi, produktivitas dan daya saing.

I.2 Model Arsitektur Industri 4.0

Usaha untuk menemukan berbagai aspek pada industri 4.0 tidak cukup hanya memahami definisi industri 4.0. Maka untuk dapat membantu perusahaan lebih memahami posisi saat ini dan kemampuan perusahaan untuk berintegrasi ke dalam perkembangan revolusi industri 4.0 disusunlah model *Reference Architectural Model Industrie 4.0* (RAMI 4.0), yaitu model lapisan terstruktur tiga dimensi seperti terlihat pada Gambar I.2. yang dikembangkan oleh *Platform Industrie 4.0* Jerman.

Namun demikian beberapa negara lainnya seperti *Industrial Internet Consortium* (IIC) di Amerika Serikat juga mengembangkan model referensi dengan nama *Industrial Internet Reference Architecture* (IIRA).

Saat ini kedua konsorsium dari kedua negara tersebut telah mengadakan kolaborasi, masing-masing melakukan pemetaan agar satu sama lain dapat tercipta interoperabilitas (Shi-Wan Lin, dkk, 2017).

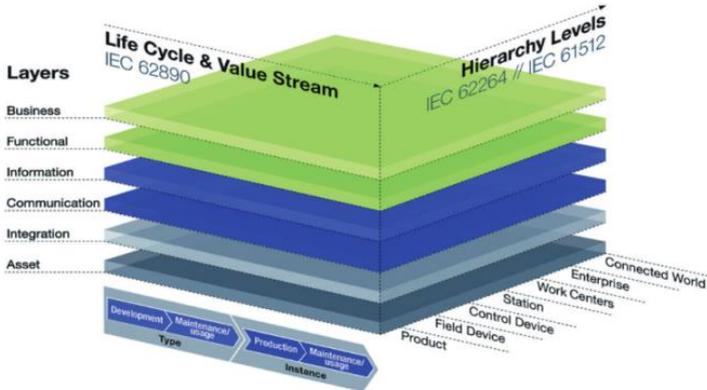
RAMI 4.0 adalah model referensi untuk revolusi industri 4.0 yang telah distandarisasi dan digunakan oleh industri manufaktur secara luas di dunia yang memungkinkan semua peserta di revolusi industri 4.0 menggunakan kerangka acuan umum untuk saling bertukar dan memahami. Ini adalah kerangka tiga dimensi yang mampu menggambarkan semua aspek penting revolusi industri 4.0, di mana hubungan yang kompleks dapat dipecah menjadi kelompok-kelompok kecil dan akan lebih mudah untuk didekati dan diimplementasikan secara bertahap.

RAMI 4.0 mengintegrasikan berbagai standar otomatisasi, seperti IEC 62890, IEC 62264, IEC 61512. Model referensi arsitektur RAMI 4.0 terdiri dari:

1. Dimensi tingkat hierarki
2. Dimensi proses (daur hidup produk dan *value stream*)

3. Dimensi arsitektur (*layer*)

Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)



Source: Plattform Industrie 4.0

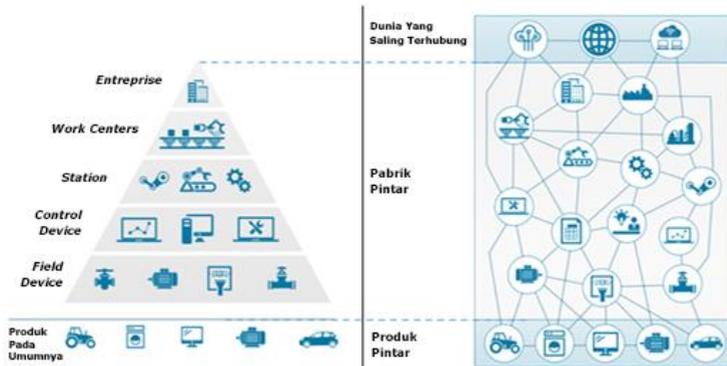
Gambar I.2 RAMI 4.0
Sumber: www.plattform-i40.de

1. Dimensi tingkat hierarki (sumbu horizontal sebelah kanan Gambar I.2)

Dimensi tingkat hierarki ini menjelaskan mengenai hierarki kendali sistem produksi mulai dari produk dan peralatan di rantai produksi sampai ke tingkat perusahaan dan dunia luar. Pada Gambar I.2 terlihat bahwa dimensi tingkat hierarki terdiri dari: (1) dunia yang terkoneksi, (2) *enterprise*, (3) *work centre*, (4) *station (machine)*, (5) *control device*, (6) *field device*, (7) *product*.

Dimensi tingkat hierarki merupakan pengembangan dari standar industri IEC (*International Electrotechnical Commission*) 62264 model hierarki sistem otomasi dan teknologi informasi suatu pabrik dengan mengintegrasikan "produk" pada tingkat bawah dari hierarki tersebut dengan "dunia yang terkoneksi" pada tingkat atas (dikenal sebagai IoT/IoS - *Internet of Things / Internet of Services*).

Pada Gambar I.3 terlihat bahwa dalam model otomatisasi dan sistem IT standar IEC: 62264, produk manufaktur ("produk") masih terpisah (terisolasi) dengan tingkat atasnya, dan digambarkan sebagai piramida. Sedangkan dalam Industri 4.0 (RAMI 4.0) digambarkan sebagai sebuah jejaring dari setiap komponen, termasuk proses, perangkat, produk, organisasi, ekosistem dan sebagainya dalam realitas konektivitas di mana-mana (*ubiquitous connectivity*). Jadi RAMI 4.0 merupakan perluasan dari hierarki standar IEC: 62264, yaitu dengan mengintegrasikan "produk" dengan "dunia yang terkoneksi".



Gambar I.3 Perluasan Standar IEC 62264 Hierarki (sebelumnya) menjadi RAMI 4.0 (Industri 4.0)

Sumber: www.plattform-i40.de

2. Dimensi proses (sumbu horizontal sebelah kiri Gambar I.2)

Dimensi proses menunjukkan aliran daur hidup produk atau arus nilai tambah dalam proses produksi di industri yang diiringi dengan penerapan digitalisasi. Dimensi daur hidup produk ini merupakan standar IEC 62890 dan mencakup berbagai pemetaan data di semua tahapan sepanjang daur hidup produk dan rantai nilai dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan.

Dimensi ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu: daur hidup produk model ("*type*") dan produk yang benar-benar diproduksi ("*instance*"). Model "*type*" terdiri dari (1) pengembangan (*construction plan*) contohnya data CAD (Computer Aided Design) dan (2) *maintenance usage (model maintenance)* contohnya *software update*, perubahan produk. Sedangkan model "*instance*" terdiri dari (1) *production*, contohnya produk motor, instalasi pabrik dan (2) *maintenance usage (service)* contohnya *repair, troubleshooting, optimization*.

3. Dimensi arsitektur (sumbu vertikal Gambar I.2)

Dimensi arsitektur (*layer*) terdiri dari enam lapisan yang menunjukkan sudut pandang berbagai aspek industri terhadap industri 4.0. Sudut pandang tersebut meliputi:

1. Aset: merupakan lapisan yang terdiri dari mesin/peralatan, pelanggan, *supplier*, dan entitas fisik lainnya di dunia nyata.
2. Integrasi merupakan lapisan "*link*" antara dunia fisik dengan digital. Pada lapisan ini aset dunia nyata akan didigitalkan/divirtualisasikan. Contoh pada lapisan ini adalah *system driver, HMI (Human Machine Interface), bridge wires, switches, hubs*, termasuk *sensor readers* dalam rangka konektivitas.
3. Komunikasi merupakan lapisan yang mendefinisikan metode standar komunikasi untuk memastikan bahwa aset dapat saling berkomunikasi. Misal penggunaan protokol TCP/IP, HTTP/FTP untuk pengiriman/penerimaan data; transmisi data melalui LAN (*Local Area Network*) atau WAN (*Wide Area Network*), dan komunikasi melalui BLE (*Bluetooth Low Energy*) atau peralatan Wi-Fi.
4. Informasi merupakan lapisan yang menyimpan informasi diperlukan untuk manajemen, operasi, pelacakan, dan pengendalian asset.
5. Fungsional merupakan lapisan yang bertanggung jawab atas *production rule, action, processing*, dan

system control; termasuk fungsionalitas operasi aset tervirtualisasi.

6. Bisnis merupakan lapisan yang meliputi proses struktur organisasi, produksi dan kegiatan bisnis perusahaan. Termasuk strategi bisnis, lingkungan bisnis dan tujuan bisnis.

Perlu diketahui bahwa, model Arsitektur Industri 4.0 saat ini masih terus dikembangkan. Hal ini bertujuan demi terwujudnya model yang secara global dapat digunakan sebagai acuan penerapan Industri 4.0 di berbagai tipe dan level industri. (Hoedi Prasetyo, dkk, 2018).

I.3 Karakteristik Industri 4.0

Menurut perusahaan Amerika *Boston Consulting Group* (BCG), bahwa pada saat ini, kita berada di tengah-tengah gelombang keempat kemajuan teknologi dengan munculnya teknologi industri digital baru yang dikenal sebagai Industri 4.0, yaitu sebuah transformasi yang didukung oleh sembilan kemajuan teknologi dasar (kunci).



Gambar I.4 Sembilan Teknologi pada Industri 4.0
Sumber: BCG, 2015

Dalam transformasi tersebut, sensor, mesin, benda kerja, dan sistem teknologi informasi akan terhubung di sepanjang rantai nilai di luar satu perusahaan. Sistem yang terhubung ini (juga disebut sebagai “*cyber-physical system*”) dapat berinteraksi satu sama lain menggunakan standar protokol berbasis internet dan menganalisis data untuk memprediksi kegagalan, mengkonfigurasi diri mereka sendiri, dan beradaptasi dengan perubahan.

Industri 4.0 akan memungkinkan untuk mengumpulkan dan menganalisis data di seluruh mesin, memungkinkan proses yang lebih cepat, lebih fleksibel, dan lebih efisien untuk menghasilkan barang berkualitas lebih tinggi dengan biaya yang lebih rendah. Ini pada gilirannya akan meningkatkan produktivitas manufaktur, menggeser ekonomi, mendorong pertumbuhan industri, dan memodifikasi profil tenaga kerja pada akhirnya mengubah daya saing perusahaan dan wilayah (Rüßmann dkk, 2015).

Berdasarkan laporan BCG diatas kita dapat membuat rangkuman dari sembilan teknologi dasar (kunci) sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya sebagai berikut:

Tabel I.2 Rangkuman Konsep Teknologi yang Mendukung Industri 4.0

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
<i>Big data & Analytics</i>	Analisis data yang memanfaatkan kumpulan data besar (<i>big data</i>) dapat mengoptimalkan kualitas produksi, menghemat energi, dan meningkatkan	Pabrikan semi konduktor <i>Infinem Technologies</i> dapat mengidentifikasi pola dari hasil analisis data, yang dapat membantu melepaskan chip yang rusak pada

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
	layanan mesin/peralatan.	awal proses produksi dan meningkatkan kualitas produksi.
<i>Autonomous Robot</i>	Robot pada era industri 4.0 menjadi lebih otonom, fleksibel, dan kooperatif. Robot tersebut dapat berinteraksi satu sama lain dan bekerja secara aman berdampingan dengan manusia dan belajar dari mereka.	<i>Kuka</i> , perusahaan Eropa robot jenis industri, menawarkan robot otonom yang dapat berinteraksi satu sama lain.
<i>Simulation</i>	Dalam tahap rekayasa, simulasi 3D, data " <i>real time</i> " dapat dimanfaatkan sebagai cerminan dunia fisik untuk pengembangan model virtual baik untuk mesin, produk, dan manusia. Hal ini memungkinkan operator untuk menguji dan mengoptimalkan pengaturan mesin/peralatan untuk produk berikutnya sejalan dengan model virtualnya sebelum pergantian	<i>Siemen</i> dan vendor mesin perkakas Jerman mengembangkan mesin virtual yang dapat mensimulasikan " <i>machining</i> " suatu komponen dengan menggunakan data dari mesin fisik (<i>physical machine</i>).

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
	<i>(changeover)</i> secara fisik.	
<i>Horizontal & Vertical Integration</i>	Dengan adanya integrasi vertikal dalam pabrik dan horizontal pada rantai pasok, maka perusahaan, departemen, fungsi, dan kemampuannya menjadi lebih kohesif, lintas perusahaan, jaringan data universal terintegrasi, berevolusi dan memungkinkan rantai nilai yang serba otomatis.	<i>Dassault System</i> dan <i>Boost AeroSpace</i> meluncurkan platform kolaborasi untuk industri kedirgantaraan dan pertahanan Eropa. Kolaborasi ini mengelola tugas kompleks pertukaran data produk dan produksi di antara banyak mitranya.
<i>Internet of Thing (IOT)</i>	Dengan IOT memungkinkan perangkat lapangan (<i>field device</i>) berkomunikasi dan berinteraksi satu sama lain dengan alat pengendali yang lebih terpusat. Dengan IOT juga dapat mendesentralisasi analisis data dan pengambilan keputusan, memungkinkan respon secara "real time".	<i>Bosch Rexroth, vendor sistem</i> penggerak dan kontrol, melengkapi fasilitas produksi untuk katup dengan proses produksi semi otomatis dan terdesentralisasi. Produk diidentifikasi oleh kode <i>RFID (Radio Frequency Identification)</i> , dan <i>workstation</i> "mengetahui" langkah-langkah

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
		manufaktur yang harus dilakukan untuk setiap produk dan dapat beradaptasi untuk melakukan operasi tertentu.
<i>Cloud Computing</i>	Banyak perusahaan saat ini sudah banyak menggunakan perangkat lunak berbasis <i>cloud</i> dan aplikasi analitik data, tetapi dengan industri 4.0, akan lebih banyak lagi usaha terkait produksi yang akan memerlukan peningkatan "data sharing". Data dan fungsionalitas mesin/peralatan akan semakin disebar ke <i>cloud</i> , memungkinkan lebih banyak layanan berbasis data untuk sistem produksi.	<i>Vendor Manufacturing Execution System (MES)</i> adalah di antara perusahaan yang sudah mulai menawarkan solusi berbasis <i>cloud</i> .
<i>Additive Manufacturing (AM)</i>	Metode AM akan banyak digunakan untuk menghasilkan sejumlah produk yang menawarkan keuntungan konstruksi, seperti desain yang kompleks dan ringan. Sistem AM	Perusahaan industri dirgantara sudah menggunakan AM untuk menerapkan desain baru yang mengurangi berat pesawat, menurunkan biaya

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
	yang terdesentralisasi dan berkinerja tinggi akan mengurangi biaya transportasi dan persediaan (<i>stock on hand</i>).	untuk bahan baku seperti titanium.
<i>Augmented Reality (AR)</i>	Sistem berbasis AR mendukung berbagai layanan, seperti memilih suku cadang di gudang dan mengirim instruksi perbaikan melalui perangkat seluler. Tidak lama lagi, perusahaan akan menggunakan AR secara lebih luas untuk menyediakan informasi <i>real time</i> kepada pekerja untuk meningkatkan pengambilan keputusan dan prosedur kerja.	Pekerja dapat menerima instruksi perbaikan tentang cara mengganti komponen tertentu karena mereka dapat melihat sistem sebenarnya dengan informasi adanya kebutuhan akan perbaikan. Informasi ini mungkin ditayangkan langsung pada pekerja dengan menggunakan perangkat seperti kacamata AR (<i>Google glass</i>)
<i>Cyber security</i>	Dengan meningkatnya konektivitas dan penggunaan protokol komunikasi standar dalam era industri 4.0, maka kebutuhan untuk melindungi sistem industri/lini produksi yang penting dari ancaman	Selama beberapa tahun terakhir, beberapa vendor peralatan industri bergabung dengan perusahaan <i>cyber security</i> melalui kemitraan atau akuisisi.

Konsep Teknologi	Uraian Penjelasan	Contoh
	keamanan dunia maya akan meningkat secara dramatis. Oleh karena itu, komunikasi yang aman dan andal, identitas canggih dan manajemen akses mesin/peralatan dan pengguna merupakan hal yang sangat penting.	

Sumber: diolah dari BCG (2015)

I.4 Prinsip Desain Industri 4.0

Menurut Mabkhot dkk (2018) dan Hermann dkk (2015), prinsip desain Industri 4.0, yang merupakan pedoman bagi perusahaan yang ingin memahami, mengidentifikasi dan mengimplementasikan proyek-proyek Industri 4.0, terdiri dari 6 prinsip, yaitu: (1) interoperabilitas (interkoneksi atau konektivitas), (2) virtualisasi, (3) desentralisasi (otonomi), (4) kemampuan "real-time", (5) orientasi layanan dan (6) modularitas.

Keenam prinsip desain industri 4.0 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Interoperabilitas

Salah satu kebutuhan perusahaan industri untuk melakukan transformasi industri 4.0 adalah menyediakan infrastruktur *Internet of Thing* (IoT) dan *Internet of Service* (IoS) termasuk *Cyber-Physical System* (CPS). CPS merupakan gabungan antara dunia fisik dan virtual atau dapat dikatakan juga bahwa CPS merupakan "integrasi antara komputasi dengan proses fisik". Perlu diketahui bahwa, untuk dapat mengintegrasikan antara dunia nyata dan virtual dibutuhkan persyaratan interoperabilitas. Untuk itu,

standar akan menjadi faktor kunci keberhasilan komunikasi CPS agar mesin/peralatannya yang berasal dari berbagai produsen (multi vendor) dapat saling berkomunikasi satu sama lain.

2. Virtualisasi

Virtualisasi mempunyai arti bahwa CPS pada industri 4.0 dapat memantau proses fisik dan dapat membuat virtual salinan dunia fisik. Data sensor yang berasal dari mesin/peralatan pabrik dapat diolah dengan model pabrik virtual dan model simulasi yang tersedia dalam rangka optimisasi dan pengambilan keputusan.

3. Desentralisasi

Dengan adanya peningkatan permintaan untuk produk individu (kustomisasi), maka sistem terpusat (sentralisasi) semakin sulit untuk dikendalikan. Oleh karena itu, dengan adanya komputer tertanam (*embedded*) pada mesin/peralatan industri 4.0 memungkinkan mereka dapat mengambil keputusan secara mandiri (terdesentralisasi).

4. Kemampuan "*real-time*"

Dalam industri 4.0 tugas-tugas pabrik dapat menggunakan data/informasi yang dikumpulkan dan dianalisis secara "*real-time*". Status pabrik dapat dilacak dan dianalisis secara terus menerus. Dengan demikian, pabrik dapat bereaksi secara cepat terhadap kegagalan mesin/peralatan dan mengubah jalur (*route*) produk ke mesin/peralatan lain.

5. Orientasi layanan

Industri 4.0 didasarkan pada arsitektur berorientasi layanan. CPS dapat menawarkan fungsionalitasnya sebagai layanan web yang lebih baik. Industri 4.0 ditantang untuk dapat melayani permintaan dengan lebih berfokus pada pelanggan (sentrisitas pelanggan), serta dapat menghasilkan produk dan layanan yang bernilai tambah lebih tinggi (mis. personalisasi).

6. Modularitas

Dalam industri 4.0, modul unit produksi baru dapat ditambahkan pada sistem produksi yang ada dengan menggunakan prinsip "*plug & play*". Dengan sistem

modular, maka industri 4.0 mampu beradaptasi secara fleksibel terhadap perubahan persyaratan dan penggantian atau perluasan modul secara individual.

I.5 Manfaat Industri 4.0

Tujuan penting dari industri 4.0 adalah untuk membuat industri manufaktur - dan industri terkaitnya seperti logistik akan lebih cepat, lebih efisien dan lebih berpusat pada pelanggan, sementara pada saat yang sama industri 4.0 juga dapat melampaui kinerja otomatisasi dan optimisasi seperti yang terdapat pada revolusi industri sebelumnya dan dapat mendeteksi peluang dan munculnya model bisnis baru.

Ada enam kategori utama potensi manfaat untuk industri 4.0 yaitu:

1. Efisiensi

Dengan semakin meningkatnya otomatisasi dengan bantuan robot dan alat bantu lainnya, serta simulasi/optimisasi dengan bantuan kecerdasan buatan pada industri 4.0, maka perusahaan industri akan dapat membuat keputusan "*real time*" lebih cepat dan tetap menjaga efisiensi dan kualitas yang lebih tinggi.

2. Lincah (*agility*)

Untuk menjawab tantangan terhadap semakin meningkatnya permintaan atas berbagai campuran aneka material yang tinggi (*high mix*), lot kecil, dan manufaktur satu kali (*one-off*), industri 4.0 mampu mendorong kelincahan ke tingkat proses berikutnya karena kondisi/spesifikasi mesin/peralatan atau produknya dapat dideteksi oleh sensor secara lebih cepat atau alat bantu lainnya dengan kecerdasan buatan, sehingga proses pengambilan keputusannya dapat berlangsung secara cepat dan mandiri.

3. Inovasi

Pada industri 4.0 ini lini produksinya dibuat sedemikian rupa untuk dapat mengakomodasi aneka campuran material yang tinggi (*high-mix*) dan volume rendah.

Oleh karena itu pada industri 4.0 ini dimungkinkan muncul beberapa inovasi produk baru dan eksperimen dalam desain yang lebih cepat. Keberadaan IoT dapat menciptakan produk dan mesin/peralatan lebih cerdas, sehingga dapat dipahami lebih dalam tentang apa saja yang berfungsi baik dalam desain produk maupun proses.

4. Pengalaman pelanggan

Dengan semakin tersedianya data/informasi yang rinci (mendalam) dan responsif pada Industri 4.0, produsen dapat memberikan kemungkinan layanan dengan fitur-fitur yang lebih baik kepada pelanggan. Dalam beberapa kasus, juga dimungkinkan *self-service* pelanggan dimasukkan dalam proses produksi. Bahkan data dari MES (*Manufacturing Execution System*) dapat juga dijadikan dasar untuk menyelesaikan masalah dengan cepat antara pelanggan dan produsen.

5. Biaya

Memang proyek industri 4.0 membutuhkan biaya investasi awal, namun begitu pabrik menjadi cerdas, biaya menjadi turun drastis. Masalah kualitas semakin berkurang, karena berkurangnya limbah dari proses produksinya, berkurangnya jumlah tenaga kerja berkualifikasi rendah dan biaya operasi.

6. Pendapatan

Dengan kualitas yang lebih baik, biaya yang lebih rendah, campuran yang lebih tinggi (*high mix*), dan kemampuan untuk melayani pelanggan dengan baik, maka industri 4.0 dapat menempatkan produsen menjadi pemasok pilihan bagi pelanggan saat ini. Industri 4.0 juga membuka peluang pasar yang lebih besar, menawarkan kustomisasi produk dengan margin lebih tinggi, dan dengan produk dan operasi yang lebih cerdas.

Terwujudnya potensi manfaat tersebut diatas pada gilirannya dapat memberi dampak positif terhadap perekonomian suatu negara antara lain peningkatan daya saing nasional dan Produk Domestik Bruto.

Industri 4.0 memang menawarkan banyak manfaat, namun juga memiliki tantangan yang harus dihadapi oleh suatu negara ketika menerapkan menerapkannya, seperti resistansi terhadap perubahan, kesenjangan teknologi antara kondisi saat ini dengan kondisi yang diharapkan dari industri 4.0.

I.6 Making Indonesia 4.0

Pada bulan April 2018 saat diselenggarakan *Indonesia Industrial Summit* (IIS) 2018 Kementerian Perindustrian telah menyusun inisiatif “*Making Indonesia 4.0*” untuk mengimplementasikan strategi dan Peta Jalan Revolusi Industri 4.0 di Indonesia. Penyusunan Peta Jalan ini melibatkan berbagai pemangku kepentingan, mulai dari institusi pemerintah, asosiasi industri, pelaku usaha, penyedia teknologi, maupun lembaga riset dan pendidikan. Peta Jalan “*Making Indonesia 4.0*” memberikan arah dan strategi yang jelas bagi pergerakan industri Indonesia di masa yang akan datang.

Revolusi industri 4.0 mencakup beragam teknologi canggih, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, meliputi: kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), *Internet of Things* (IoT), robotika otonom, dan *3D printing*. Untuk penerapan teknologi tersebut pada tahap awal Indonesia akan berfokus pada lima sektor industri utama, yaitu (1) makanan dan minuman, (2) tekstil dan pakaian, (3) otomotif, (4) kimia, dan (5) elektronik. Namun demikian sektor industri lainnya tetap ikut didorong pula untuk dapat melakukan transformasi digital dalam rangka peningkatan daya saing. Sektor industri utama tersebut dipilih menjadi fokus setelah melalui evaluasi dampak ekonomi dan kriteria kelayakan implementasi yang mencakup ukuran PDB (Produk Domestik Bruto), perdagangan, potensi dampak terhadap industri lain, besaran investasi, dan kecepatan penetrasi pasar. Untuk

meninjau kemajuannya dan mengatasi tantangan pelaksanaannya setiap tiga sampai empat tahun akan dievaluasi strategi dari setiap fokus sektor tersebut.

Beberapa faktor yang menghambat transformasi digital seringkali bersifat lintas sektoral. Oleh karenanya, "Making *Indonesia 4.0*" memuat antara lain upaya-upaya inisiatif nasional yang bersifat lintas sektoral, yang merupakan prasyarat untuk mempercepat transformasi industri manufaktur di Indonesia. Berbagai inisiatif nasional tersebut meliputi : (1) perbaikan alur aliran barang, (2) desain ulang zona industri, (3) mengakomodasi standar-standar keberlanjutan (*sustainability*), (4) memberdayakan UMKM (Usaha Menengah, Kecil, dan Mikro), (5) membangun infrastruktur digital nasional, (6) menarik minat investasi asing, (7) peningkatan kualitas Sumber Daya Manusia (SDM), (8) pembangunan ekosistem inovasi, (9) insentif untuk investasi teknologi, dan (10) harmonisasi aturan dan kebijakan.

Bagi Indonesia, fenomena revolusi industri 4.0 memberikan peluang untuk merevitalisasi sektor manufaktur Indonesia dan menjadi salah satu cara untuk mempercepat pencapaian visi Indonesia untuk menjadi 10 (sepuluh) ekonomi terbesar di dunia.

Hingga tahun 2016, industri manufaktur berkontribusi sebesar 20 persen PDB Indonesia dan membuka lebih dari 14 juta lapangan pekerjaan. Implementasi "Making *Indonesia 4.0*" yang sukses diperkirakan akan mendorong pertumbuhan PDB riil sebesar 1-2 persen per tahun, sehingga pertumbuhan PDB per tahun akan naik dari *baseline* sebesar 5 persen sampai 6-7 persen pada periode 2018-2030, di mana industri manufaktur berkontribusi sebesar 21-26 persen PDB pada tahun 2030.

Dengan adanya manfaat nyata seperti yang diuraikan sebelumnya, Indonesia berkomitmen untuk mengimplementasikan "Making *Indonesia 4.0*" dan menjadikannya sebagai agenda nasional. Pada

semester pertama 2018, untuk tahap pertama Indonesia mulai menyusun satuan tugas untuk lima fokus sektor (makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, kimia, dan elektronik) dan 10 (sepuluh) inisiatif lintas sektor. Setiap satuan tugas akan memiliki tugas dan tanggung jawab yang jelas. Kemudian semester selanjutnya, satuan tugas ini menyusun rencana utama, merinci rencana aksi, dan mulai menjalankan setiap inisiatif serta berkoordinasi dengan satu sama lain untuk memastikan agar implementasi "Making *Indonesia 4.0*" dapat berjalan dengan lancar.

Menindak lanjuti IIS 2018 maka pada bulan April 2019 Kementerian Perindustrian meluncurkan "*Indonesia Industry 4.0 Readiness Index (INDI 4.0)*" pada saat diselenggarakan *Indonesia Industrial Summit (IIS) 2019*. INDI 4.0 adalah indikator penilaian tingkat kesiapan industri di Indonesia dalam menerapkan teknologi era industri 4.0. yang merupakan bagian dari "Making *Indonesia 4.0*". Dalam indeks tersebut masing-masing industri melakukan penilaian mandiri (*self-assessment*) terhadap kemampuan mereka di bidang-bidang terkait revolusi industri 4.0. Adapun lima pilar yang diukur di dalam INDI 4.0, yaitu: (1) manajemen dan organisasi, (2), orang dan budaya, (3) produk dan layanan, (4) teknologi, serta (5) operasi pabrik.

Perlu diketahui bahwa, untuk melakukan penilaian kesiapan industri 4.0 beberapa negara juga mempunyai model yang berbeda-beda. Sebagai contoh di negara Jerman, Asosiasi Pembuat Mesin Jerman (*VDMA – Verband Deutscher Maschine-und Anlagenbau*) telah membuat *Industrie 4.0 Readiness*, yang menilai digitalisasi industri 4.0 dalam empat dimensi yaitu (1) *smart factory*, (2) *smart product*, (3) *smart operation* dan (4) *data-driven service* sebagai penggabungan antara dunia fisik dan dunia virtual.

Disamping itu juga VDMA telah membuat berbagai "*toolbox industry 4.0*" seperti *toolbox* untuk jenis sensor, integrasi mekanik, pengolahan data, integrasi informasi dan teknologi komunikasi dalam rangka penerapan teknologi kunci era industri 4.0.

Daftar Pustaka:

1. Andreja Rojko. 2017. Industri 4.0 Concept: Background and Overview. International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM) – Vol. 11, No. 5, 2017. eISSN: 1865-7923
2. Rübmann, M., et al., 2015. Industri 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Boston Consulting Group (BCG), pp.1-14
3. European Commission. 2017. Germany: Industrie 4.0. Digital Transformation Monitor. January 2017.
4. Shu Ing Tay, A.H. Nor Aziati, Lee Te Chuan, Ahmad Nur Azizah Ahmad. 2018. An Overview of Industri 4.0 : Definition, Components, and Government Initiative. Journal of Advanced Research in dynamical and Control Systems, Vol 10, 14-Special Issue.
5. Mohammed M. Mabkhot, Abdulrahman M. Al-Ahmari, Bashir Salah and Hisham Alkhalefah. 2018. Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective. MDPI, Basel, Switzerland
6. Mario Hermann, Boris Otto, Tobias Pentek. 2015. Design Principles for Industrie 4.0. Scenarios : A Literatur Review. ResearchGate. Working Paper January 2015. DOI: 10.13140/RG.2.2.29269.22248
7. Shi-Wan Lin, Brett Murphy, Erich Clauer, Ulrich Loewen, Ralf Neubert, Gerd Bachmann, Madhusudan Pai, Martin Hankel. 2017. Architecture Alignment and Interoperability. An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint Whitepaper.

8. Hoedi Prasetyo dan Wahyudi Sutopo. 2018. Industri 4.0: Telaah Klasifikasi Aspek dan Arah Perkembangan Riset. Jurnal Teknik Industri, vol 13, No 1, Januari 2018. Universitas Diponegoro.
9. I-SCOOP.2019. <https://www.i-scoop.eu/industri-4-0/>
10. Francisco Almada-Lobo. 2017. The Business Value of Industri 4.0. <http://blog.mesa.org/2017/05/the-business-value-of-industri-40.html>
11. Kementerian Perindustrian. 2018. Making Indonesia 4.0
12. Karl Lichtblau, Volker Stich, Roman Bertenrath , Matthias Blum , Martin Bleider , Agnes Millack , Katharina Schmitt , Edgar Schmitz , Moritz Schröter. 2015. Industrie 4.0 Readiness. VDMA, Aachen.

BAB II

INTERNET OF THINGS (IoT)

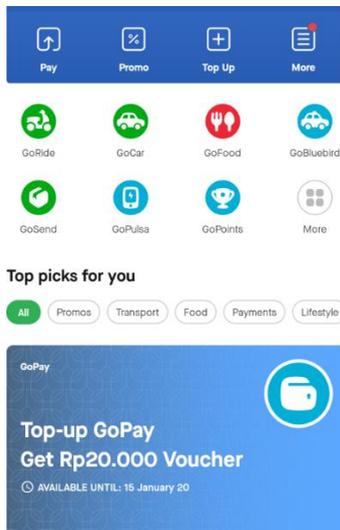
Capaian Pembelajaran:

- 1. Mampu memahami pengetahuan tentang *Internet of Things (IOT)*, *Industrial Internet of Things (IIOT)*, dan *Internet of Services (IOS)*.**
- 2. Mampu memahami pengetahuan tentang *Cyber Physical System (CPS)* dan *digital/smart manufacturing***

II.1 Sejarah *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) telah menjadi salah satu konsep bisnis industri yang paling banyak dibicarakan dalam beberapa tahun terakhir. Konsep ini dipercaya mempengaruhi kinerja bisnis suatu organisasi. Fenomena IoT adalah salah satu teknologi "*disruptive*" yang mengubah cara kerja organisasi dalam menjalankan bisnis. Pada saat ini, kita berada di awal era di mana komunikasi dan konektivitas terjadi di mana-mana bukanlah suatu mimpi atau tantangan lagi. Fokusnya telah bergeser ke arah integrasi manusia dan perangkat tanpa batas untuk menyatukan dunia fisik dengan lingkungan virtual buatan manusia, menciptakan apa yang disebut *Internet of Things* (IoT). Konsep ini telah diterapkan pada aplikasi Gojek yang memanjakan pelanggannya untuk memilih layanan secara online seperti yang terlihat pada Gambar II.1. Layanan yang ditawarkan pada aplikasi ini berupa layanan kebutuhan sehari-hari (*GoFood, GoDaily, GoLaundry, GoAuto, dan GoMed*), layanan hiburan dan gaya hidup (*GoMassage, GoClean, GoFix, GoGlam, GoTix, dll.*), layanan pembayaran (*GoPulsa, GoPoints, GoNearby, GoBills, GoGive, GoSure*), layanan belanja (*GoShop, GoMart, GoMall*), layanan transportasi dan logistik (*GoRide, GoCar, GoBluebird, GoSend, GoBox*). Sebagai contoh pelanggan dapat memesan secara

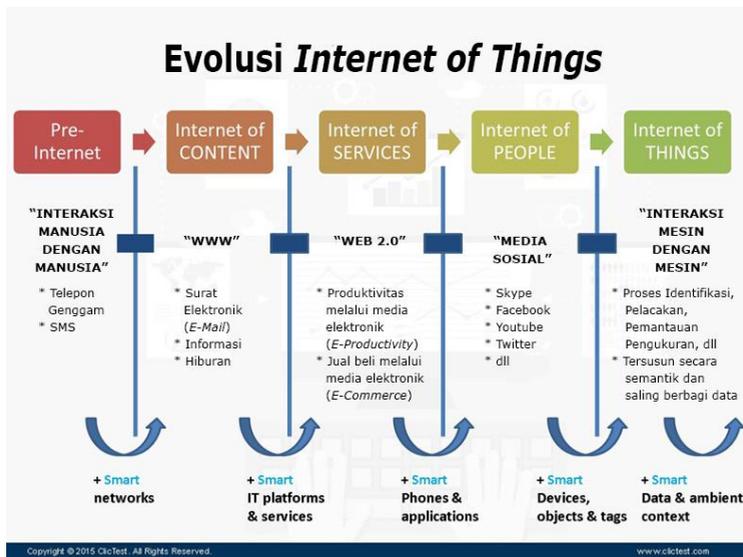
langsung makanan/minuman yang diinginkan atau disukai pada suatu toko/tempat dimana harga dan besar biaya pengirimannya ke lokasi diketahui menggunakan GoFood dan segera pesanan tersebut akan dikirim langsung ke lokasi pelanggan berada. Selain contoh di atas, konsep ini juga digunakan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui *smart city*, yaitu Jakarta *Smart City Portal* (aplikasi Qlue) yang diluncurkan pada tahun 2015 sebagai suatu *platform* bagi warga untuk menyampaikan keluhan tentang masalah-masalah yang terjadi di daerah sekitarnya, antara lain pelanggaran lalu lintas, kerusakan yang dilakukan terhadap fasilitas umum, sampah, pengemis, PKL liar, banjir, dan lain-lain. Perusahaan Telkomsel menggunakan konsep IoT dengan mengeluarkan aplikasi LinkAja untuk layanan pembayaran dan pembelian telekomunikasi, pembayaran tagihan, pembelian tiket, kartu uang elektronik, keuangan, hiburan, pajak/retribusi, dan layanan berbagi.



Gambar II.1 Contoh IoT : Aplikasi GoJek

Sumber: <https://saisa.eu/blogs/Guidance/?p=1539>

Pada awal 2000-an, Kevin Ashton yang merupakan salah satu pelopor gagasan *Internet of Things* (IoT) dari laboratorium MIT's AutoID, ketika mencari cara agar Proctor & Gamble (P&G) dapat meningkatkan bisnisnya dengan menghubungkan informasi RFID ke Internet. Konsepnya sederhana yaitu semua objek dalam kehidupan sehari-hari dilengkapi dengan pengidentifikasi dan konektivitas nirkabel, objek-objek ini dapat berkomunikasi satu sama lain dan dikelola oleh komputer (www.cisco.com).



Gambar II.2 Evolusi *Internet of Things*

Gambar II.2 mendeskripsikan evolusi IoT dimulai pra internet, internet konten, internet layanan, internet orang, dan IoT. Pertama, era Pra Internet, yaitu belum adanya internet atau komunikasi dilakukan antara MANUSIA ke MANUSIA. Komunikasi dilakukan mungkin melalui jalur telepon rumah atau SMS, pada saat ini masih berupa jaringan. Kemudian hadir era Internet

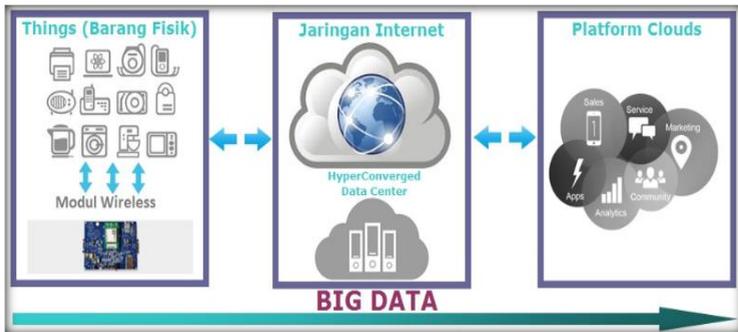
KONTEN dengan evolusi *World Wide Web* (WWW). Saat ini komunikasi mulai menggunakan email dan layanan pesan. Setelah itu muncul era Internet LAYANAN dengan evolusi WEB 2.0, pengubah game utama dari internet modern. Di era ini, mulai lebih sering menggunakan internet untuk komunikasi dan keperluan lainnya. Pada era ini, layanan seperti *E-Commerce* dan E-produktivitas lahir. Sekarang kita hidup di Era Internet ORANG dimana manusia terhubung satu sama lain dalam berbagai cara dan secara *real time* tidak hanya melalui telepon dan SMS. Saat ini layanan seperti Facebook, Twitter, LinkedIn, Skype, Youtube dan lain-lain telah lahir. Selanjutnya adalah era dimana komunikasi MESIN ke MESIN yang merupakan hasil dari evolusi berkelanjutan dan lahirnya "*Internet of Things*".

II.2 Definisi, konsep, dan pilar *Internet of Things*

Berdasarkan Hung, M. (2017) wakil presiden dari Gartner Research menyatakan bahwa *Internet of Things* (IoT) adalah jaringan objek fisik khusus yang mengandung teknologi tertanam (*embedded technology*) untuk berkomunikasi dan merasakan (*sensing*) atau berinteraksi dengan keadaan internal atau lingkungan eksternal. Jaringan tersebut menghubungkan aset, proses, dan personel yang memungkinkan pengambilan data dan peristiwa dimana perusahaan dapat mempelajari perilaku, melakukan tindakan pencegahan, atau menambah bahkan mengubah proses bisnisnya. Pada saat ini, IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems* (MEMS), dan internet. Konsep kerja IoT mengacu kepada 3 elemen utama yang dijelaskan pada <https://mobnasesemka.com>, yaitu sebagai berikut:

1. Barang fisik yang dilengkapi modul IoT,
2. Perangkat koneksi ke internet seperti Modem dan *Router Wireless*, dan

3. *Cloud Data Center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta *data base*.



Gambar II.3 Konsep Kerja IoT

Sumber: <https://mobnasesemka.com/internet-of-things/>

Gambar II.3 dan Gambar II.4 memperlihatkan konsep dan mekanisme kerja IoT, dimana seluruh penggunaan barang yang terhubung ke internet akan menyimpan data. Data tersebut terkumpul sebagai '*big data*' yang kemudian dapat diolah untuk dianalisis, baik oleh pemerintah, perusahaan, maupun negara asing. Hasil proses pengolahan data tersebut selanjutnya dimanfaatkan bagi kepentingan masing-masing perusahaan atau instansi untuk menemukan pengetahuan baru beserta solusinya.

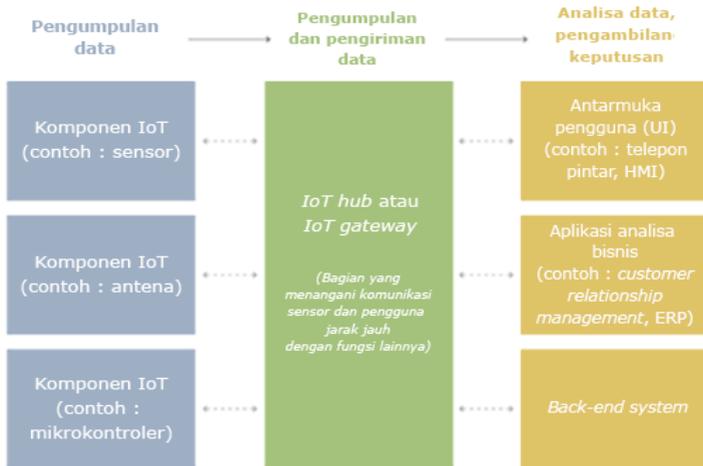
Apakah IoT Itu?



Gambar II.4 Mekanisme Kerja IoT

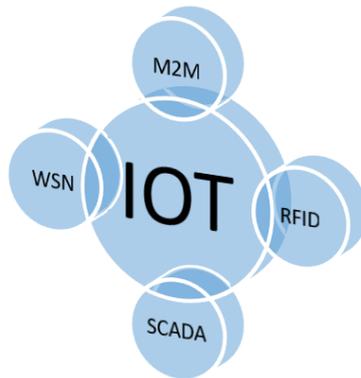
Contoh penggunaan sistem IoT dapat dideskripsikan seperti Gambar II.5. yang menerangkan bahwa ekosistem IoT terdiri dari perangkat pintar berkemampuan web yang menggunakan prosesor tertanam, sensor, dan perangkat keras komunikasi guna mengumpulkan, mengirim, dan bertindak berdasarkan data yang diperoleh dari lingkungan. Perangkat IoT berbagi data sensor yang dikumpulkan dengan menghubungkan ke *gateway* IoT atau perangkat tepi lainnya, tempat data dikirim ke *cloud* untuk dianalisis. Terkadang, perangkat ini berkomunikasi dengan perangkat terkait lainnya dan bertindak berdasarkan informasi yang mereka dapatkan dari satu sama lain. Perangkat melakukan sebagian besar pekerjaan tanpa campur tangan manusia, meskipun orang dapat berinteraksi dengan perangkat, misalnya untuk mengaturnya, memberi instruksi atau mengakses data.

Penggambaran Sistem IoT



Gambar II.5 Contoh Sistem IoT

IoT memiliki empat pilar (Khan, H.M., 2018), yaitu: *Machine to Machine* (M2M), *Radio Frequency IDentification* (RFID), *Wireless Sensor Network* (WSN), dan *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA). Empat pilar seperti yang terlihat pada Gambar II.6., yaitu M2M menggunakan perangkat untuk menangkap peristiwa, melalui koneksi jaringan ke server pusat, yang menerjemahkan peristiwa yang ditangkap menjadi informasi yang bermakna. RFID menggunakan gelombang radio untuk mentransfer data dari tag elektronik yang dilampirkan ke suatu objek ke sistem pusat melalui pembaca untuk tujuan mengidentifikasi dan melacak objek. WSN terdiri dari sensor otonom yang didistribusikan secara spasial untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan. SCADA adalah sistem otonom yang didasarkan pada teori *loop* tertutup atau sistem pintar atau data CPS yang menghubungkan, memantau, dan mengendalikan peralatan melalui jaringan di fasilitas seperti pabrik atau gedung.



Gambar II.6 Pilar IoT

Sumber: <https://IoTlearners.com/four-pillars-of-IoT-m2m-rfid-scada-wsn/>

Beberapa contoh *business model* baru atau karya unggulan berupa inovasi karya unggulan kreator Indonesia di bidang IoT adalah sebagai berikut (Pratiwi, A., 2019):

1. HARA

HARA adalah produk IoT yang dikembangkan untuk menangani permasalahan di sektor pertanian dan pangan. Produk dari Dattabot ini disiapkan untuk menanggulangi masalah potensi lahan, optimasi pertanian, dan mencegah pertumbuhan hama dan penyakit tanaman.

2. Qlue

Layanan yang menghubungkan antara pemerintah dan masyarakat dengan mengembangkan produk *smartcity* berbasis IoT, khususnya untuk diterapkan di wilayah perkotaan, misalnya pengembangan *traffic lamp* yang terhubung ke sebuah *command center*, kotak sampah pintar, dan juga *air pollution detector*.

3. Spekun

Telkomsel bekerja sama dengan Banopolis mengembangkan *bike sharing* pertama di Indonesia

yang menggunakan teknologi NB-IoT lewat aplikasi Spekun. *Bike sharing* adalah sebuah konsep layanan peminjaman sepeda kepada publik dalam jangka waktu tertentu dari satu titik lokasi ke titik lokasi lainnya. Teknologi yang diterapkan pada ekosistem sepeda kuning (Spekun) di kampus UI Depok tersebut adalah peminjaman sepeda berbasis aplikasi *smartphone*, dengan didampingi penyediaan tiang atau *dock* parkir berbasis *radio-frequency identification* (RFID) sehingga sepeda hanya bisa diparkirkan pada *dock* parkir tersebut.

4. eFishery

eFishery adalah alat pemberi pakan ikan otomatis. Alat ini tidak hanya mengotomatisasi pemberian pakan secara terjadwal dengan dosis yang tepat, tetapi juga mencatat setiap pemberian pakan secara *real-time*. Pengguna dapat mengakses data pemberian pakan kapan pun dan di mana pun. Tidak ada lagi masalah *over-feeding*, pemberian pakan ikan yang tidak teratur atau pakan yang diselewengkan. Secara spesifik, eFishery berusaha membantu peternak ikan dan udang, karena biasanya pemberian makan ikan menguasai antara 50 hingga 80 persen biaya operasi peternakan ikan.

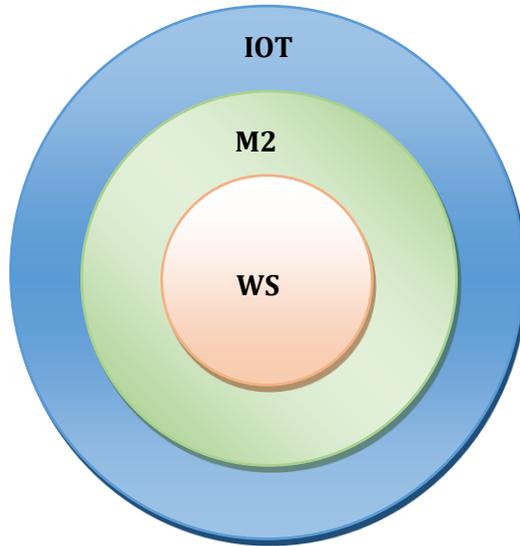
5. Nodeflux

Memadukan antara teknologi *Artificial Intelligence*, *Machine Learning* dan *Deep Learning* di area *Computer Vision*, Nodeflux dianggap dapat diimplementasikan untuk beberapa sektor bisnis, seperti pemantauan persediaan barang di sektor retail dan pengelolaan sistem parkir pada bisnis properti.

II.3 Machine to Machine (M2M) dan Internet of Things (IoT)

Koneksi data internet digunakan untuk melakukan kegiatan seperti *browsing*, menonton video, komunikasi sosial media dan lainnya. Akan tetapi, koneksi ini digunakan sebagai penghubung antara

beberapa peralatan/*device* yang pada awalnya tidak dapat dilakukan, sebagai contoh dalam konsep *smart home*, perangkat keamanan, lampu dan kulkas yang berada di rumah dapat dioperasikan dan dipantau melalui *handphone* dari tempat yang terpisah. Oleh karena itu, sekarang dikenal beberapa istilah dan produk yang sering kita dengar seperti *Internet of Things* (IoT) dan *Machine to Machine* (M2M). Ajah, S., et al (2015) mendefinisikan *Machine to Machine* (M2M) sebagai paradigma baru yang memungkinkan perangkat elektronik untuk mandiri melaksanakan tugas dengan atau tanpa intervensi manusia. Sedangkan, pada website www.smartlintas.com (2017) mendefinisikan *Machine to Machine* (M2M) sebagai komunikasi antar peralatan yang mana bukan hanya diantara perangkat Teknologi Komunikasi Informatika saja namun dengan segala jenis mesin yang memiliki sensor dan aktuator. Solusi *Machine to Machine* (M2M) yang merupakan bagian dari IoT sudah menggunakan jaringan nirkabel untuk menghubungkan perangkat satu sama lain dan internet, dengan intervensi manusia yang minimal, memberikan layanan guna memenuhi kebutuhan berbagai industri. Integrasi *Machine to Machine* dan *Internet of Things* menciptakan kembali manufaktur dengan melahirkan "Pabrik Cerdas" yang terhubung dan peduli guna meningkatkan produktivitas perusahaan.



Gambar II.7 Hubungan WSN, M2M, dan IoT

Gambar II.7. menjelaskan hubungan antara WSN, M2M, dan IoT. Dapat diketahui bahwa M2M merupakan bagian dari IoT. IoT berevolusi dari komunikasi mesin-ke-mesin (M2M), yaitu mesin yang terhubung satu sama lain melalui jaringan tanpa interaksi manusia. M2M mengacu pada menghubungkan perangkat ke *cloud*, mengelola dan mengumpulkan data. Mengambil M2M ke tingkat berikutnya, IoT adalah jaringan sensor miliaran perangkat pintar yang menghubungkan orang, sistem dan aplikasi lain untuk mengumpulkan dan berbagi data. Sebagai dasarnya, M2M menawarkan konektivitas yang memungkinkan IoT (www.majapahit.id). Komunikasi mesin-ke-mesin memungkinkan *Internet of Things* menjadi mungkin. IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur, listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut

dengan sistem cerdas atau "*smart*". Sebagai contoh yaitu smart kabel, *smart meter*, *smart grid sensor*.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa *Internet of Things* (IoT) merupakan hubungan antara beberapa mesin, perangkat dan peralatan yang terhubung ke internet melalui beberapa jaringan. Perangkat ini meliputi peralatan kebutuhan sehari-hari seperti *smartphone*, *tablet*, perangkat elektronik lainnya dengan peralatan lain seperti kendaraan, monitor, sensor, yang dilengkapi dengan komunikasi antar mesin-ke-mesin (M2M) dan memungkinkan untuk pengiriman serta penerimaan data. IoT lebih menekankan keterhubungan perangkat untuk dapat terkoneksi dengan jaringan internet, sehingga perlu campur tangan/dapat membantu memonitor terhadap koneksi antara kedua *device* via jaringan internet. Sedangkan *machine to machine* (M2M) adalah teknologi yang menghubungkan mesin, perangkat dan peralatan bersama-sama secara nirkabel melalui berbagai saluran komunikasi, termasuk IP dan SMS, untuk memberikan layanan kepada pengguna dengan sedikit campur tangan yang terbatas. Jadi M2M merupakan bagian integral dari IoT dengan penggunaan antar dua atau lebih mesin dalam melakukan operasinya.

Aplikasi M2M dilakukan pada beberapa bidang, sebagai pengelolaan infrastruktur contohnya untuk kereta api, M2M dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi keamanan jalur kereta. Dengan M2M, palang pintu kereta akan terbuka secara otomatis tanpa harus khawatir jika seandainya penjaga kereta sedang terlelap tidur. Dalam memonitor lingkungan, contohnya M2M dapat dimanfaatkan untuk melihat kondisi air waduk secara *real-time*, informasi debit air untuk irigasi bagi para petani, dan sebagai mitigasi bencana ke para pelaut dan nelayan di laut.

II.4 Karakteristik *Internet of Things*

Melalui penerapan konsep teknologi IoT dengan interkoneksi antara dunia fisik dengan dunia maya, baik melalui eksploitasi identifikasi, pengambilan data, pengolahan data, dan kemampuan dalam berkomunikasi, membuka peluang baru dalam dimensi IoT untuk mengakses apapun, setiap saat dan dari tempat manapun. Berikut karakteristik IoT dijelaskan sebagai berikut:

1. Dinamis dan beradaptasi dengan sendiri
Perangkat dan sistem IoT dapat memiliki kemampuan untuk beradaptasi secara dinamis dengan perubahan konteks dan mengambil tindakan berdasarkan kondisi operasinya, konteks pengguna, atau lingkungan penginderaan.
2. Konfigurasi diri
Perangkat IoT mungkin memiliki kemampuan konfigurasi sendiri, memungkinkan sejumlah besar perangkat bekerja bersama untuk menyediakan fungsionalitas tertentu seperti pengaturan jaringan, mengambil pembaruan (*fetch*) perangkat lunak terbaru.
3. Protokol komunikasi yang *interoperable*
Perangkat IoT dapat mendukung sejumlah protokol komunikasi yang dapat dioperasikan dan begitu juga dengan infrastruktur.

II.5 Klasifikasi *Internet of Things*

IOT dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu : Industrial IOT dan Consumer IOT. Secara singkat, *Consumer Internet of Things* (CIoT) adalah segmen B2C dari IoT. Perbedaan mendasar antara CIoT dan IIoT adalah solusi CIoT dibuat untuk pengguna akhir dan biasanya didedikasikan untuk penggunaan individual non-komersial. Sedangkan *Industrial IoT* (IIoT) terdiri dari produk yang dibuat untuk perusahaan, pabrik, dll, yang mewakili segmen B2B. Tidak seperti CIoT, IIoT memberikan nilai baik bagi perusahaan yang

memanfaatkan solusi dan pengguna akhir. Perusahaan dapat meningkatkan produktivitas, kualitas, menurunkan harga melalui inovasi teknologi dan, sebagai hasilnya, meningkatkan kepuasan pelanggan.

Selain perbedaan mendasar dalam konsep yang tersebut di atas, CIIoT dan IIoT memiliki banyak perbedaan dalam perspektif teknologi (Chuprina, R., 2019), yaitu:

1. Perangkat industri harus lebih tahan terhadap kondisi yang berbeda. Sementara perangkat konsumen mungkin tidak tahan air, solusi industri harus dapat bekerja di lingkungan berbahaya. Misalnya, sensor yang mendeteksi kebocoran air harus tahan air, sensor yang mengukur tekanan harus tahan terhadap tekanan tinggi, dll.
2. Sistem IIoT harus dirancang dengan skalabilitas dalam pikiran. Pabrik harus selalu dapat menambahkan perangkat tambahan, fasilitas manufaktur, jalur produksi, dan sistem harus dapat memproses data tambahan.
3. Perbedaan lainnya terletak pada persyaratan keamanan *cyber* yang kuat. Solusi IIoT selalu berurusan dengan informasi komersial sensitif yang harus mengarah pada kerugian besar jika dikompromikan. Itu sebabnya harus dilindungi dengan baik.
4. Produk industri biasanya mengalami pelabelan putih, sementara solusi konsumen selalu diproduksi di bawah merek tertentu.
5. Perangkat konsumen biasanya memiliki persyaratan yang lebih ketat untuk penampilan dan harga. Pengguna lebih suka solusi yang menarik dan ringan dengan antarmuka yang keren dan harga yang relatif baik

IIoT dimanfaatkan antara lain pada sektor manufaktur, logistik, kesehatan, utilitas, transportasi, dan alat-alat berat. Sedangkan CIIoT digunakan antara lain pada

sektor otomasi rumah, berbagai macam peralatan rumah tangga, pemantauan rumah, ponsel, wearable, dan televisi.

II.6 Arsitektur *Internet of Things*

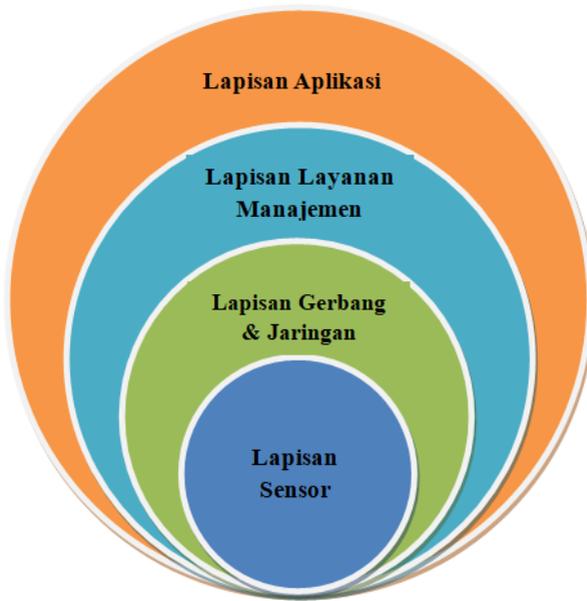
Arsitektur IoT menurut Zhang dan Yu (dalam Soumyalatha & Hegde, S.G., 2016) diklasifikasikan menjadi empat lapisan seperti yang terdapat pada Gambar II.8., yaitu:

1. Lapisan sensor (*Sensor Layer*)

Ini adalah lapisan terendah Arsitektur IOT, yang terdiri dari jaringan sensor, sistem tertanam, tag RFID dan pembaca atau sensor lunak lainnya yang merupakan berbagai bentuk sensor yang digunakan di lapangan. Masing-masing sensor ini memiliki identifikasi dan penyimpanan informasi.

2. Lapisan gerbang dan Jaringan (*Gateway and Network Layer*)

Lapisan ini bertanggung jawab untuk mentransfer informasi yang dikumpulkan oleh sensor ke lapisan berikutnya didukung protokol universal standar yang dapat diskalakan, fleksibel, untuk mentransfer data dari perangkat heterogen (berbagai jenis node sensor). Layer ini harus memiliki kinerja tinggi dan jaringan yang kuat.



Gambar II.8 Arsitektur *Internet of Things*
 Sumber: Soumyalatha & Hegde, S.G. (2016)

3. Lapisan Layanan Manajemen (*Management Service Layer*)

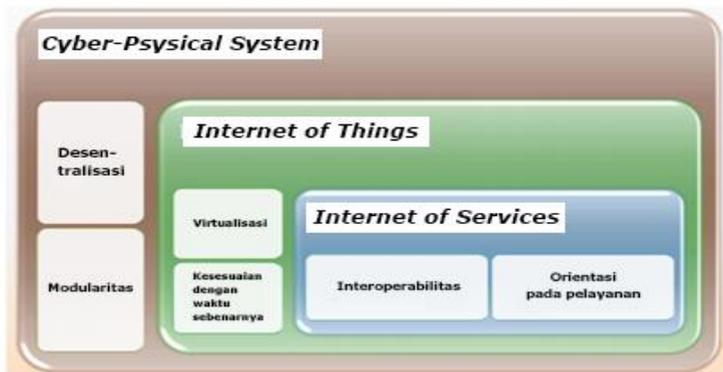
Lapisan ini bertindak sebagai antarmuka antara lapisan *gateway* - jaringan dan lapisan aplikasi; dalam mode dua arah. Lapisan ini bertanggung jawab untuk manajemen perangkat dan manajemen informasi serta bertanggung jawab untuk menangkap sejumlah besar data mentah dan mengekstraksi informasi yang relevan dari data yang disimpan pada waktu nyata.

4. Lapisan aplikasi (*Application layer*)

Ini adalah lapisan teratas IoT yang menyediakan antarmuka pengguna untuk mengakses berbagai aplikasi untuk pengguna yang berbeda. Aplikasi dapat digunakan di berbagai sektor seperti transportasi, perawatan kesehatan, pertanian, rantai pasokan, pemerintah, ritel dll.

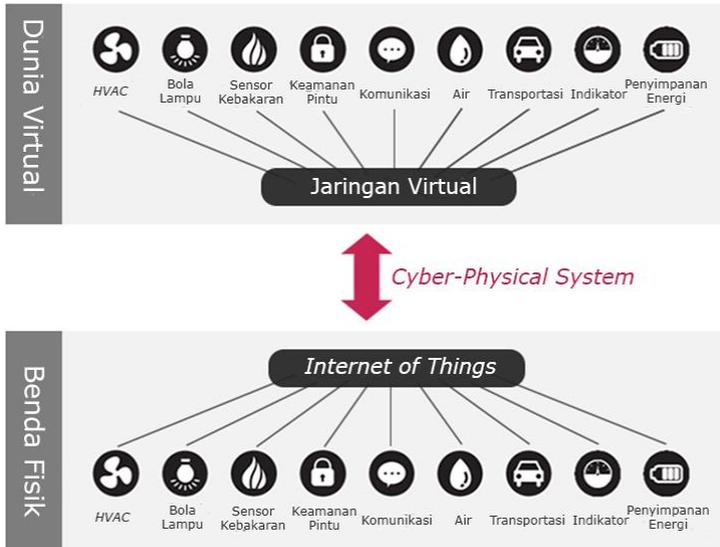
II.7 Cyber Physical System (CPS)

Tinjauan dari 31 definisi mengenai CPS yang telah diterbitkan mengungkapkan sebagian besar konsisten dari waktu ke waktu dan menyoroti serangkaian 6 karakteristik CPS secara umum yaitu: sistem fisik dan logis hibrid, metode analitik dan pengukuran hibrid, kontrol, kelas komponen, waktu, dan kepercayaan (Greer dkk, 2019). Apa perbedaan antara *Internet of Things* (IoT) dan *Cyber Physical Systems* (CPS)? *Internet of Things* adalah tentang menghubungkan "things" (Obyek dan Mesin) ke internet dan akhirnya satu sama lain; sedangkan *Cyber Physical Systems* (CPS) adalah integrasi dari komputasi, jaringan dan proses fisik. CPS melibatkan pendekatan multi disiplin yang menggabungkan antara teori sibernatika, mekatronik, desain, dan ilmu proses. CPS merupakan kombinasi dari beberapa sistem yang berbeda sifatnya yang tujuan utamanya adalah untuk mengendalikan proses fisik dan, melalui umpan balik, menyesuaikan diri dengan kondisi baru, secara *real time*. Perbedaan antara *internet of service* (IoS), *internet of things* (IoT), dan *cyber physical system* (CPS) dapat diilustrasikan pada Gambar II.9. berikut.



Gambar II.9 Perkembangan dari *Internet of Service* menjadi *Cyber Physical System*

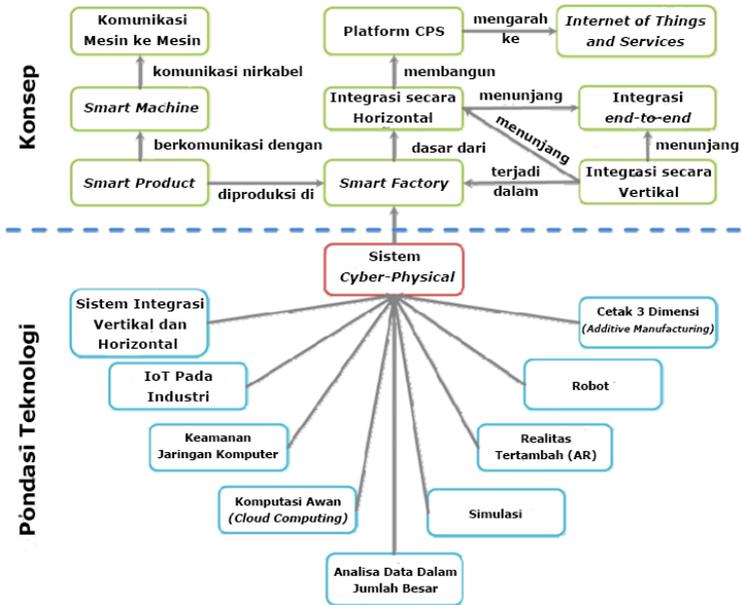
Menurut Sangmahachai (dalam Oztemel, E., & Gursev, S., 2018) mengemukakan kerangka pada Gambar II.9., bahwa revolusi industri 4.0. memfokuskan perhatian pada sistem fisik *cyber/CP*, *internet of things* serta virtualisasi, modularitas dan operasi waktu nyata serta interoperabilitas layanan.



Gambar II.10 Hubungan Dunia Fisik dengan Dunia Virtual pada CPS

Adanya CPS akan menghubungkan antara dunia nyata dengan dunia maya seperti terlihat pada Gambar II.10. Penggabungan ini dapat terwujud melalui integrasi antara proses fisik dan komputasi. Teknologi CPS yang memonitor proses fisik produksi kemudian menampilkannya secara virtual dan melakukan desentralisasi pengambilan keputusan. Melalui IoT, CPS mampu saling berkomunikasi dan bekerja sama secara *real time* termasuk dengan manusia. CPS muncul sebagai teknologi yang menopang industri besar pada

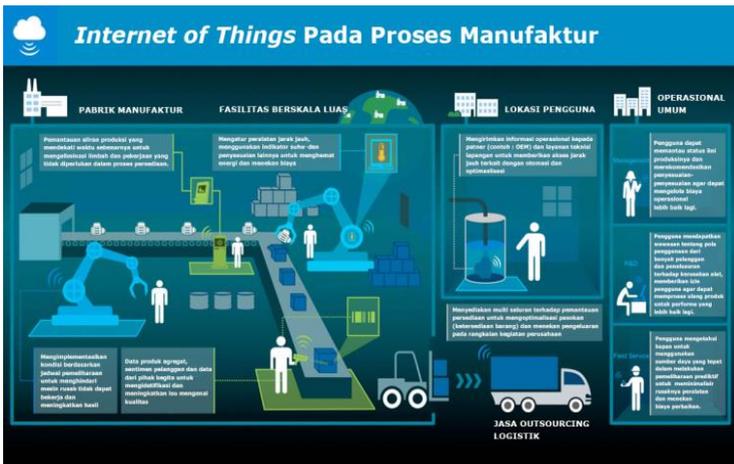
abad ini. Pemantauan dan kontrol secara luas adalah unsur penting CPS untuk memastikan keandalan dan keamanan. Pilar teknologi yang mendukung CPS dapat dilihat pada Gambar II.11. agar dunia fisik terhubung dengan dunia maya dalam wujud pondasi teknologi dengan konsep M2M, IoT, dan lain-lain.



Gambar II.11 Pilar Teknologi yang Mendukung CPS

Di masa depan, CPS akan hadir di semua sektor industri dan dalam paradigma Industri 4.0 atau manufaktur cerdas (*smart manufacturing*). CPS akan membuka metodologi produksi baru yang menjadi standar masa depan bagi industri. Lingkungan produksi akan mengatur sendiri, menyesuaikan diri, dan mengoptimalkan diri, yang mengarah pada kelincuhan, fleksibilitas, dan efektivitas biaya yang lebih besar. Seperti diilustrasikan pada Gambar II.12. setiap aspek fungsional dari rantai produksi akan terpengaruh, dari desain, hingga manufaktur, melalui rantai pasokan, dan

meluas ke layanan dan dukungan pelanggan. *Smart manufacturing* memungkinkan produsen untuk mengoptimalkan produksi dan jaringan pasokan mereka dan bertujuan untuk mengambil keuntungan dari teknologi informasi dan manufaktur yang canggih. Peningkatan pelatihan tenaga kerja diperlukan untuk fleksibilitas dan penggunaan teknologi daripada tugas khusus seperti biasa yang dilakukan pada lingkungan manufaktur tradisional.



Gambar II.12 Aplikasi IOT pada Manufaktur

II.8 Identifikasi dan Pengambilan Data Otomatis (*Automatic Identification and Data Capture/AIDC*)

Identifikasi otomatis dan pengambilan data (AIDC) mengacu pada metode mengidentifikasi individu, objek, gambar, suara secara otomatis, mengumpulkan data tentangnya, dan memasukkannya langsung ke sistem komputer, tanpa keterlibatan manusia (tanpa *manual data entry*). Teknologi AIDC seperti pada Gambar II.13. meliputi antara lain *bar code*, *QR code*, *RFID (Radio Frequency Identification)*, *biometrics*

(misal *iris & facial recognition system*), *magnetic stripes*, *OCR (optical character recognition)*, *smart card*, dan *voice recognition*. Untuk mengambil data, transduser akan mengubah gambar aktual atau suara menjadi file digital. File tersebut kemudian disimpan dan nantinya dapat dianalisis oleh komputer, atau dibandingkan dengan file lain dalam database untuk memverifikasi identitas atau untuk memberikan otorisasi untuk memasuki sistem keamanan. Biasanya teknologi AIDC dimanfaatkan, pada sektor manufaktur, transportasi, distribusi, ritel, kesehatan, dan sebagainya.



Gambar II.13 Contoh Teknologi AIDC

II.9 *Augmented Reality (AR)* dan *Virtual Reality (VR)*

Internet of Things (IoT) telah muncul sebagai kerangka kerja infrastruktur yang menjanjikan, di mana sejumlah besar perangkat yang saling terhubung mengumpulkan

data dan menyediakan layanan cerdas seperti kontrol otomatis, optimisasi proses, dan deteksi anomali. Salah satu cara yang bermanfaat untuk memanfaatkan sistem IoT adalah adanya teknologi *virtual reality* (VR) dan *augmented reality*(AR), keduanya mendapat perhatian besar terutama pada perusahaan teknologi. Banyak pengembang aplikasi memproduksi konten AR dan VR seperti pada perusahaan *platform gaming*. AR dan VR adalah teknologi yang bertujuan merangsang persepsi dan indera dari penggunaanya. Pengguna (*user*) dapat merasakan berada di "dunia lain" dan berinteraksi di dalamnya. Kendati demikian, keduanya memiliki perbedaan dalam beberapa hal seperti penjelasan Fikrinugraha (2019):

1. VR adalah teknologi intuitif yang berdampak setidaknya pada dua dari lima indera. Ini terlihat dan terdengar. Teknologi ini menciptakan persepsi di mana berada di tempat yang sama sekali berbeda. Contohnya adalah Menggunakan *head-mounted display* (HMD) atau *headset*, kita akan merasakan dunia gambar dan suara yang dihasilkan komputer tempat kita dapat memanipulasi objek dan bergerak menggunakan pengontrol *haptic* yang ditambahkan ke konsol atau PC.



Gambar II.14 Contoh *Virtual Reality*

Sumber:

<https://www.anandtech.com/show/11798/lenovo->

immerses-into-windows-mixed-reality-with-lenovo-explorer

2. AR tidak membawa kita ke dunia maya. Teknologi ini hanya meningkatkan objek di sekitar kita dengan melapiskan gambar virtual ke dalamnya. AR menempatkan objek virtual ke dalam lingkungan yang ada di dunia nyata. Misalnya, teknologi ini memungkinkan untuk melihat buku di meja melalui *smartphone*. Aplikasi atau *game* teknologi AR yang paling populer seperti PokemonGo. Sebagai contoh lainnya, yaitu di bidang militer menggunakan *augmented reality* untuk membuat sebuah permainan perang dimana prajurit akan masuk kedalam dunia *game* tersebut dan seolah-olah seperti melakukan perang sungguhan.



Gambar II.15 Contoh *Augmented Reality*
Sumber : <https://theconversation.com/what-is-augmented-reality-anyway-99827>

Daftar Pustaka:

1. Ajah, S., Al-Sherbaz, A., Turner, S. J., & Picton, P. D. 2015. Machine-to-machine communications energy efficiencies: the implications of different M2M communications specifications. *IJWMC*, 8(1), 15-26.
2. Evanhoe, C. 2015. Automatic Identification and Data Capture e-Waste Applications [PowerPoint slides]. Diakses dari <https://slideplayer.com/slide/9348159/>
3. Fikrinugaha." Perbedaan Augmented Reality, Virtual Reality, dan Mixed Reality". <https://teknologi.id/technology/perbedaan-augmented-reality-virtual-reality-dan-mixed-reality/>
4. Greer, C., Burns, M., Wollman, D., & Griffor, E. 1900. *Cyber-physical systems and Internet of Things. NIST Special Publication, 202(2019)*, 52.
5. <https://about.bnef.com/blog/technology-trends-IoT-cloud-computing-blockchain/>
6. <https://apic.id/blog/2018/03/21/internet-of-things-big-data-dan-artificial-intelligence/>
7. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
8. <https://IoTlearners.com/four-pillars-of-IoT-m2m-rfid-scada-wsn/>
9. <https://majapahit.id/mengenal-konsep-internet-of-things-atau-IoT/>
10. <https://mobnasesemka.com/internet-of-things/>
11. <https://saisa.eu/blogs/Guidance/?p=1539>
12. <http://saanengineers.com/tag/iot/>
13. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/IoT/introduction_to_IoT_november.pdf
14. <https://www.eastsensor.com/blog/category/pressure-sensor-technology/>
15. [https://www.smartlintas.com/news/3/Perlu-produk-dan-layanan-M2M-atau-IoT-Hubungi-kami\(di akses 24 November 2019 Pukul 19.06\).](https://www.smartlintas.com/news/3/Perlu-produk-dan-layanan-M2M-atau-IoT-Hubungi-kami(di%20akses%2024%20November%202019%20Pukul%2019.06).)

16. Hung, M. (2017). Leading the IoT. *Gartner Insights on How to Lead in a Connected World [On-line]*. Dostępny na: https://www.gartner.com/imagesrv/books/IoT/IoTEbook_digital.pdf [kwi. 20, 2018].
17. Khan, H.M.2018.Four Pillars Of IoT – M2M, RFID, SCADA & WSN di<https://IoTlearners.com/four-pillars-of-IoT-m2m-rfid-scada-wsn/> (di akses 24 November 2019).
18. Oztemel, E., & Gursev, S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-56.
19. Pratiwi, A.2019.Internet of Things di<https://aptika.kominfo.go.id/2019/09/internet-of-things/> (di akses 24 November 2019).
20. Roman Chuprina.2019.<https://spd.group/iot-digest/consumer-iot-versus-industrial-iot/>
21. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-01614-2_35
22. Soumyalatha, S. G. H. 2016. Study of IoT: Understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. In *1st International Conference on Innovations in Computing &Networking (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking &Applications*.

BAB III ROBOT OTONOM

Capaian Pembelajaran:

- 1. Mampu memahami pengetahuan tentang robot otonom,**
- 2. Mampu memahami pengetahuan tentang definisi dan klasifikasi robot,**
- 3. Mampu memahami pengetahuan tentang otomatisasi, *industrial robot*, dan *collaborative robot (cobot)*.**

III.1 Robot Otonom

Dengan terus berkembangnya teknologi dan ditemukannya internet, menjadi dasar dari terbukanya gerbang menuju revolusi industri 4.0. Robot menjadi salah satu teknologi kunci yang terus berkembang dengan tidak hanya mengedepankan prinsip kecepatan, tetapi juga ketepatan. Hal tersebut yang mendasari tercetusnya konsep robot otonom. Robot otonom sendiri merupakan robot yang bekerja mandiri tanpa harus di kontrol langsung oleh manusia. Robot ini terdiri atas kumpulan sistem-sistem yang saling bekerja sama, dimana pada tiap-tiap bagian dapat saling berkomunikasi. Robot otonom menggunakan sebuah komputer pusat untuk memproses data-data yang diterima oleh sensor. Dengan menggunakan algoritma yang berbeda-beda, komputer dapat menentukan proses mana harus diambil. Baru kemudian komputer pusat memerintahkan sistem untuk melakukan tindakan yang sesuai.

Robot otonom adalah robot yang dirancang dan direkayasa untuk menangani lingkungannya sendiri, dan bekerja untuk waktu yang lama tanpa campur tangan manusia. Robot otonom seringkali memiliki fitur-fitur canggih yang dapat membantu mereka

memahami lingkungan fisik mereka dan mengotomatisasikan bagian-bagian pemeliharaan dan arah yang dulu dilakukan oleh tangan manusia.

Robot otonom biasanya mengerjakan pekerjaan mereka tanpa ada interaksi manusia kecuali interaksi manusia itu diperlukan sebagai bagian dari tugas mereka. Banyak dari robot ini memiliki sensor dan peralatan fungsional lainnya yang membantu mereka melihat hambatan apa pun di jalan mereka, atau menavigasi ruangan, lorong atau semacam lingkungan lainnya. Robot pengiriman yang rumit bahkan dapat diprogram untuk menggunakan lift dan bergerak di seluruh gedung bertingkat dengan otonomi penuh. Namun, robot otonom masih perlu dipelihara secara fisik.



Gambar III.1 *Robotic Scrubber Drier* yang Bisa Dioperasikan secara Otonom di Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta

Sumber :

<https://www.tribunnews.com/bisnis/2019/10/13/bandara-soekarno-hatta-punya-robot-pembersih-lantai-di-terminal-3>

Autonomous Robot memiliki keunggulan yang cukup besar dalam fleksibilitas, kompatibilitas, dan kontrol dibandingkan dengan AGV (*Automated Guided Vehicle*). Perbandingan-perbandingan tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

1. AGV Membutuhkan "*track*" - *magnetic tape*/kabel yang diletakkan di atas atau tertanam di lantai, sedangkan *autonomous robot* memiliki navigasi otonom tanpa "*track*".
2. AGV tidak dapat bermanuver di sekitar rintangan, sedangkan *autonomous robot* dapat melakukan perjalanan dengan aman di sekitar orang dan rintangan.
3. AGV mengharuskan perubahan fisik diperlukan untuk, *autonomous robot* tidak mengharuskan adanya perubahan infrastruktur untuk memperluas/memodifikasi jalur.
4. AGV hanya menavigasi jalur tetap, sedangkan *autonomous robot* menavigasi secara dinamis menggunakan peta fasilitas

III.2 Definisi Robot

Seperti diketahui bersama bahwa teknologi robot muncul pada era revolusi industri 3.0. Kemudian pada era revolusi industri 4.0 muncul robot otonom seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab diatas yang mempunyai kemampuan lebih dibandingkan robot tradisional. Namun demikian kita perlu memahami pengertian tentang definisi dan jenis-jenis robot yang sudah beredar di pasar. Robot dapat didefinisikan sebagai perangkat yang dapat diprogram oleh komputer dan dapat dikendalikan sendiri yang terdiri dari unit elektronik, listrik, atau mekanik. Robot mampu melakukan serangkaian tindakan kompleks secara otomatis, yang dapat dipandu oleh perangkat kontrol eksternal atau kontrol yang tertanam (*embedded*) di dalamnya. Robot dapat *stasioner* atau *mobile*, tipe

otonom atau serangga, dengan pemrograman canggih, pengenalan ucapan dan/atau sintesis, dan fitur-fitur canggih lainnya.

AI (*Artificial Intelligence*) memungkinkan robot untuk memahami kondisi dan memutuskan tindakan berdasarkan kondisi tersebut.

Dalam dunia industri, khususnya pada proses otomasi, penggunaan robot sangat dibutuhkan karena dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Robot tersebut dapat digunakan untuk pengecatan, *line tracking*, *palletizing*, penanganan material, pengelasan, perakitan, dan lain sebagainya. Dengan penggunaan robot, semua pekerjaan yang sudah terprogram akan dijalankan secara otomatis. Namun demikian, sistem tersebut tidak serta merta dapat berdiri sendiri dan masih membutuhkan tenaga manusia sebagai operator yang bertugas mengontrol tiap-tiap bagian robot agar dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini merupakan contoh dari penerapan robot pada revolusi industri 3.0.

III.3 Klasifikasi Robot

Pemanfaatan robot dapat menjadi solusi karena dapat dioperasikan terus menerus, secara fleksibel dapat diprogram yang dipercaya keandalannya dibanding manusia dan memungkinkan untuk dihubungkan dengan perangkat kendali lainnya seperti PLC (*Programmable Logic Controller*), komputer dan lain-lain. Tingkat kerumitan kerja, beban yang harus diangkat oleh robot, dan tingkat kepresisian kerja robot ikut andil dalam menentukan bentuk dan tipe lengan robot. Berikut ini adalah bentuk robot yang diklasifikasikan berdasarkan penggerak dan kinematiknya :

1. *Robot stasioner*
 - a. *Cartesian/gantry robot*

Robot yang mempunyai lengan tiga sendi prismatic dan sumbunya bertepatan dengan koordinator cartesian. Digunakan untuk memilih dan meletakkan, penerapan *sealant*, operasi perakitan, penanganan peralatan mesin dan las busur.

b. Cylindrical robot

Robot yang membentuk silinder sistem koordinat. Digunakan untuk operasi perakitan, penanganan pada peralatan mesin, las titik, dan penanganan di mesin *die-casting*.

c. SCARA robots

Robot ini terdiri dari 2 (dua) atau lebih *joint* revolusi dan 1 prismatic. Konfigurasi SCARA di desain untuk memberikan pergerakan pada arah horizontal dan memiliki keuntungan pada tugas perakitan. Aplikasinya terbatas pada pemindah barang dengan kecepatan tinggi.

d. Articulated robots (robotic arms)

Robot yang memiliki pergerakan sangat kompleks dan hampir memiliki pergerakan yang sama dengan pergerakan lengan manusia. Hal ini dapat memberikan fleksibilitas atau derajat kebebasan yang tinggi dalam mengakses objek. Digunakan untuk operasi perakitan, *die-casting*, mesin *fettling*, gas las busur dan lukisan semprot.

e. Parallel robot

Robot yang memiliki tingkat kemampuan lebih pada bidang kekakuan dan mampu menopang beban yang besar. Karena sifat kekakuannya, sistem penggerak robot paralel ini sering digunakan untuk membawa beban yang berat. Robot paralel ini sering digunakan sebagai robot *material handling*.

2. Robot beroda

a. Single wheel (ball) robot

Robot beroda yang menggunakan satu roda (roda tunggal). Tidak seperti menyeimbangkan platform 2-roda yang harus berputar sebelum mengemudi di beberapa arah, robot roda tunggal dapat bergerak langsung ke segala arah. Robot roda tunggal bisa menjadi solusi yang lebih murah untuk resepsionis robot yang harus bekerja di satu lantai saja

b. Two – wheel robot

Robot beroda yang menggunakan dua buah roda, yang berpasangan pada kiri dan kanan. Robot ini memungkinkan berputar ditempat dengan cara memutar motor arah berlawanan. Contoh sistem ini pada kehidupan sehari-hari adalah pada gardan belakang mobil dan mainan mobil *radio control*.

c. Three and more wheel robot

Robot beroda yang menggunakan tiga buah roda atau lebih. Dua buah roda dengan satu poros dihubungkan pada sebuah motor penggerak, sedangkan sebuah roda diberlakukan sebagai kemudi yang dapat berputar (setir kemudi). Contoh sistem gerak ini pada kehidupan sehari-hari adalah alat transportasi becak dan bajaj.

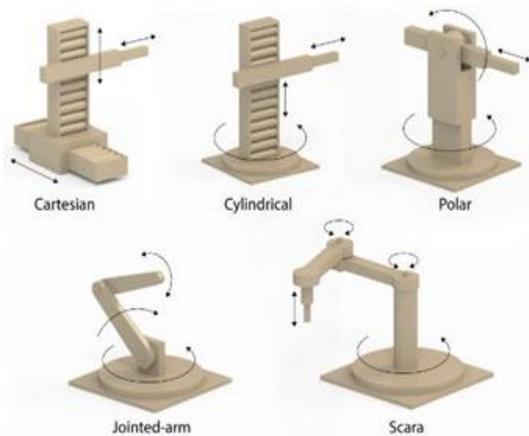
3. Drone

Drone atau pesawat tanpa awak merupakan inovasi yang lahir dari kemajuan teknologi. Dahulu, drone digunakan hanya untuk kepentingan militer. Penggunaannya terbatas dan tidak mudah untuk dioperasikan. Akan tetapi, saat ini *drone* sudah sangat populer salah satu penggunaannya adalah dalam bidang kamera dan fotografi.



Gambar III.2 Berbagai Jenis Robot (1)

Sumber: <https://www.indosateki.co.id/automation-industrial-robotic-integration/>



Gambar III.3 Berbagai Jenis Robot (2)

Sumber : https://stock.adobe.com/search?k=%22degrees+of+freedom+dof%22&as_campaign=ftmigration2&as_channel=dpcft&as_camplclass=brand&as_source=ft_web&as_camptype=acquisition&as_audience=users&as_content=closure_tag-page

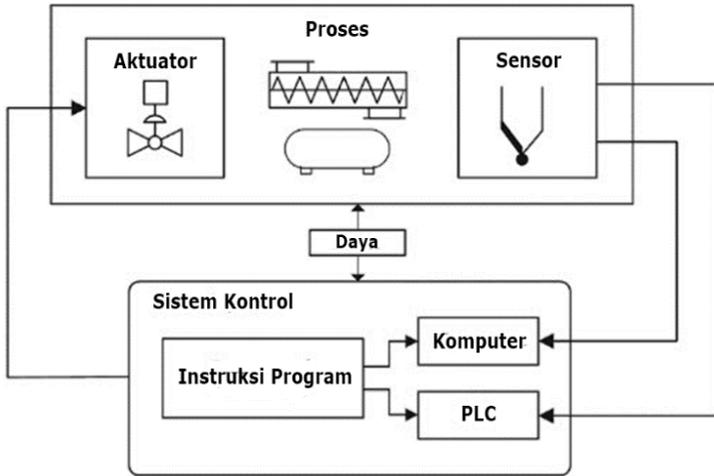
III.4 Otomatisasi dan Klasifikasinya

Otomatisasi pada dasarnya adalah pendelegasian fungsi kontrol manusia ke peralatan teknis untuk meningkatkan produktivitas, meningkatkan kualitas, mengurangi biaya, meningkatkan keselamatan dalam kondisi kerja. Otomasi adalah mesin yang dirancang untuk melakukan tugas tertentu seperti mesin pembotolan (*bottling machine*), pencuci piring (*dish washer*), dan penyemprot cat (*paint sprayer*). Robot adalah mesin yang dirancang untuk melakukan berbagai tugas seperti tangan-tangan yang memilih dan meletakkan (*pick and place arms*), *mobile robot*, dan mesin CNC (*Computer Numerical Control*).

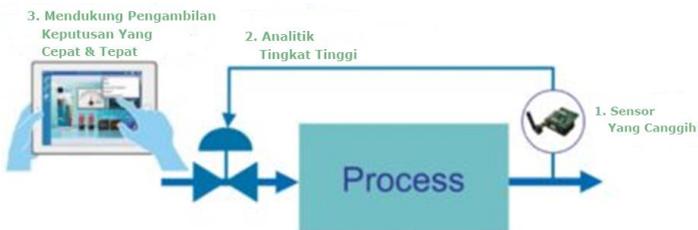
Otomatisasi merupakan teknologi yang berurusan dengan penerapan mekatronik dan komputer untuk produksi barang dan jasa untuk melakukan pekerjaan tertentu atau sekelompok pekerjaan secara otomatis dengan bantuan pengontrol.

Komponen otomatisasi terdiri dari:

1. *Sensor* untuk melakukan sensing parameter masukan (*temperature*, tekanan, laju alir, tingkat ketinggian, dsb)
2. *Transmitter* untuk mentransmisikan sinyal mentah (*raw*) dalam bentuk listrik
3. Sistem kontrol yang meliputi antara lain PLC (*Programmable Logic Controller*), DCS (*Distributed Control System*), *PC based controller*.
4. Perangkat keluaran/aktuator seperti *drive*, *control valve*.



Gambar III.4 Otomatisasi pada Industri Proses



Gambar III.5 Sistem Pengendalian Industri 4.0



Gambar III.6 Pemantauan Sistem Pengendalian Proses Industri 4.0

Sumber: <https://www.shell.com/business-customers/lubricants-for-business/sector-expertise/manufacturing/plastics/injection-moulding-lubrication-top-tips.html>

Jenis-jenis otomatisasi dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Otomatisasi tetap (*fixed automation*), digunakan pada peralatan khusus untuk urutan operasi yang pasti (tetap), misal lini perakitan mekanis.
2. Otomatisasi yang dapat diprogram (*programmable automation*), misal *computer aided design and manufacturing system* (CAD/CAM), mesin CNC (*Computer Numerical Control*), robot
3. Otomatisasi yang fleksibel (*flexible automation*) misal *manufacturing cell*, *flexible manufacturing system* (FMS), *computer integrated manufacturing system* (CIM).

Pada gambar berikut ini diilustrasikan otomatisasi pada industri.



Gambar III.7 Otomatisasi industri

Sumber :

<https://www.thedigitaltransformationpeople.com/channels/enabling-technologies/the-rise-of-workforce-automation-in-manufacturing/>

III.5 Aplikasi Robot untuk Berbagai Otomatisasi pada Industri Manufaktur

Saat ini robot industri (*industrial robot*) juga dapat dikelompokkan menjadi *traditional robot* dan *collaborative robot (cobot)*. Robot industri adalah robot manufaktur, yang diprogram untuk melakukan fungsi-fungsi industri dalam proses industri diskrit. Robot tradisional menangani muatan ringan hingga berat, beroperasi dengan kecepatan tinggi, dan memproses tingkat akurasi dan pengulangan yang tinggi. Robot beroperasi di berbagai bidang aplikasi, seperti pengelasan, pengecatan, pengecoran, penanganan material, dan perakitan.

Pengaplikasian Robot Pengelasan



Arc Welding Robots
Flux Cored Welding Robots
Laser Welding Robots
MAG Welding Robots
MIG Welding Robots
Orbital Welding Robots

Oxyacetylene Welding Robots
Plasma Cutting Robots
Plasma Welding Robots
Resistance Welding Robots
Shielded Metal Arc Welding Robots
Spot Welding Robots

Submerged Arc Welding Robots
TIG Welding Robots
TOP TIG Welding Robots
Welding Automation Robots

Pengaplikasian Robot Transfer Material



Collaborative Robots
Dispensing Robots
Injection Molding Robots
Machine Loading Robots
Machine Tending Robots

Material Handling Robots
Order Picking Robots
Packaging Robots
Palletizing Robots
Part Transfer Robots

Pick and Place Robots
Press Tending Robots
Vision Robot

Pengaplikasian Robot Lainnya



3D Laser Vision Robots
Appliance Automation Robots
Assembly Robots
Bonding/Sealing Robots
Cleanroom Robots
Coating Robots
Cutting Robots
Deburring Robots

Drilling Robots
Fiberglass Cutting Robots
Foundry Robots
Grinding Robots
Laser Cutting Robots
Material Removal Robots
Meat Processing Automation Robots
Milling Robots

Paint Robots
Polishing Robots
Refueling Robots
Routing Robots
Sanding Robots
Spindle Robots
Thermal Spray Robots
Waterjet Robots

Gambar III.8 Aplikasi Robot dalam Industri



Gambar III.9 Aplikasi Robot untuk *Welding*

Sumber : <https://www.genesis-systems.com/blog/the-importance-of-managing-robotic-welding-workflow>



Gambar III.10 Aplikasi Robot pada Industri Perakitan Mobil

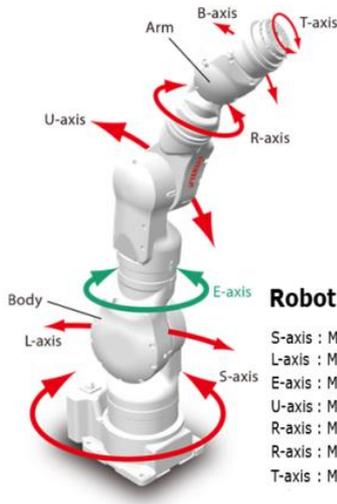
Sumber : <https://www.eulixe.com/articulo/sociedad/infografia-del-dia-que-paises-usan-mas-robots/20190214090039010115.html>

Cobot dapat bekerja dengan aman bersama manusia, tanpa dilindungi dengan kandang (*cage*). Mereka dirancang dengan beberapa sensor canggih, perangkat lunak, dan EOAT (*end of arm tooling*) yang bekerja bersama untuk membantu menghindari cedera/kerusakan.

Konsep manusia dan robot untuk bekerja bahu membahu bukanlah hal baru. Contoh *collaborative robot* (cobot) dapat dilihat pada gambar berikut. Cobot adalah robot industri yang biasanya dengan enam atau tujuh sumbu yang dirancang dengan fitur keselamatan khusus untuk memungkinkan interaksi fisik dan kolaborasi dengan pekerja manusia. Aplikasi cobot dapat meliputi : 1. *Pick & place*; 2. *Packaging & palletizing*; 3. *Quality inspection*; dan *process task*.



Gambar III.11 Collaborative Robot (Cobot)
 Sumber : UR3 Robot, PT JVC Electronics Indonesia
 (<https://www.universal-robots.com/case-stories/pt-jvc-electronics-indonesia/>)



Robot 7 Axis (Sumbu Putar)

- S-axis : Memutar badan robot secara horizontal
- L-axis : Menggerakkan badan kedepan/kebelakang
- E-axis : Memutar pergelangan robot
- U-axis : Menggerakkan lengan keatas/kebawah
- R-axis : Memutar pergelangan robot
- R-axis : Menggerakkan ujung lengan keatas/kebawah
- T-axis : Memutar ujung lengan robot

Gambar III.12 Axis robot
 Sumber: <http://giatuinhnh.vn/wuvke31kdk/kiolkhg78j.php?ikxdt32fhff=educational-6-axis-robot>

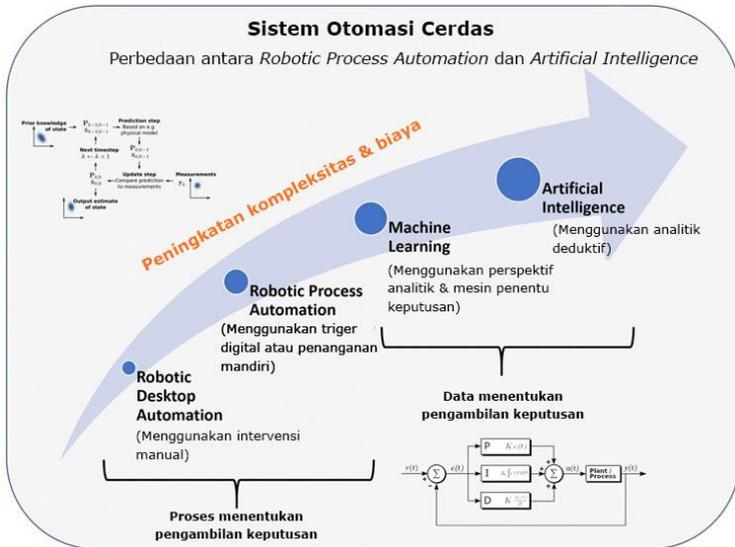


Gambar III.13 Macam-macam bentuk cobot
Sumber : <https://zhuanlan.zhihu.com/p/41374815>

Kebutuhan jenis investasi robot pada sektor manufaktur tergantung pada sasaran peningkatan efisiensi yang ditetapkan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Bila sasaran kebutuhan jenis investasi robot adalah mengurangi biaya manufaktur, mengurangi biaya *quality assurance* (QA), pemenuhan pesanan lebih cepat, administrasi back-office lebih cepat, dan menghabiskan lebih sedikit waktu untuk permintaan pesanan, maka bentuk investasi robotnya adalah lini produksi yang menggunakan *robotic arm*, sistem inspeksi dengan *machine vision*, *warehouse robot*, perangkat lunak *robotic process automation* (RPA), platform layanan pelanggan otomatis.

RPA adalah fitur otomatisasi proses cerdas yang menggambarkan robot yang digerakkan oleh logika yang mengeksekusi aturan yang diprogram pada data yang sebagian besar terstruktur. Tingkat inteligensia antara RPA dengan AI (*artificial intelligence*) dapat dijelaskan pada gambar sebagai berikut:



Gambar III.14 *Intelligent Automation*

Dari gambar diatas menggambarkan perkembangan tingkat otomasi proses bisnis administrasi dengan menggunakan *robotic desktop automation* (RDA) dan *robotic process automation* (RPA) yang merupakan *process-driven* sampai dengan penggunaan *machine learning* (ML) dan *artificial intelligence* (AI) yang merupakan *data-driven*.

Daftar Pustaka:

1. <https://www.indosateki.co.id/automation-industrial-robotic-integration/>
2. https://stock.adobe.com/search?k=%22degrees+of+freedom+dof%22&as_campaign=ftmigration2&as_channel=dpcf&as_camplclass=brand&as_source=ft_web&as_camptype=acquisition&as_audience=users&as_content=closure_tag-page
3. <https://www.electronicshub.org/introduction-to-industrial-automation/>
4. <https://ispt.eu/clusters/industry4-0/grip-3/>

5. <https://www.shell.com/business-customers/lubricants-for-business/sector-expertise/manufacturing/plastics/injection-moulding-lubrication-top-tips.html>
6. <https://www.thedigitaltransformationpeople.com/channels/enabling-technologies/the-rise-of-workforce-automation-in-manufacturing/>
7. <https://quadcitieschamber.com/business-services/business-resources/quad-cities-manufacturing-innovation-hub/playbooks/robotics-and-automation>
8. <https://www.genesis-systems.com/blog/the-importance-of-managing-robotic-welding-workflow>
9. <https://www.eulixe.com/articulo/sociedad/infografia-del-dia-que-paises-usan-mas-robots/20190214090039010115.html>
10. <https://www.universal-robots.com/case-stories/pt-jvc-electronics-indonesia/>
11. <http://giatuihanh.vn/wuvke31kdk/kiolkhg78j.php?ikxdt32fhff=educational-6-axis-robot>
12. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/41374815>
13. https://twitter.com/aisoma_ag/status/1131315411516043264
14. <https://www.tribunnews.com/bisnis/2019/10/13/b-andara-soekarno-hatta-punya-robot-pembersih-lantai-di-terminal-3>

BAB IV

SISTEM INTEGRASI VERTIKAL DAN HORIZONTAL

Capaian Pembelajaran:

Mampu memahami pengetahuan tentang Sistem Integrasi Vertikal dan Horizontal mengenai:

- 1. Piramida otomatisasi**
- 2. *Programmable Logic Controller (PLC)* dan perangkat pendukung lainnya**
- 3. *Management Execution System (MES)***
- 4. *Enterprise Resource Planning (ERP)***
- 5. *Cyber Physical System (CPS) based Automation***
- 6. *Open Platform Communication Unified Architecture (OPC UA)***

Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya, *Internet of Things* (IoT) membantu kehidupan pelaku industri dan bekerja lebih cerdas serta mendapatkan kontrol penuh atas kehidupan bisnis mereka. IoT menawarkan perangkat pintar untuk mengotomatisasi pabrik/industri. IoT dapat memfasilitasi pekerjaan industri dengan akses data secara *real time* dan melihat ke dalam bagaimana sistem perusahaan benar-benar bekerja, memberikan wawasan (*insights*) tentang segala sesuatu mulai dari kinerja mesin/peralatan pabrik hingga rantai pasok dan operasi logistik.

IV.1 Piramida Otomatisasi

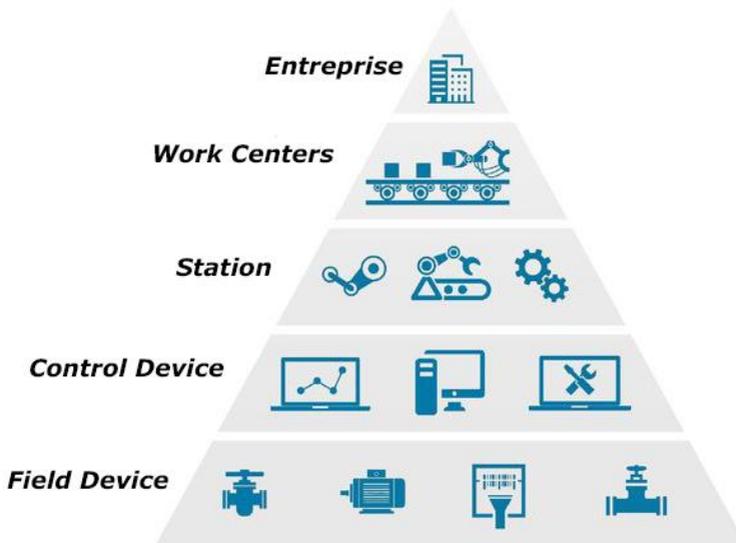
Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada Bab Pendahuluan, piramida otomasi adalah representasi bergambar dari berbagai tingkat otomasi dalam sebuah pabrik. Piramida otomatisasi juga menjelaskan secara visual bagaimana teknologi diintegrasikan dalam sebuah industri. Piramida otomatisasi pada era revolusi industri 3.0 (sebelum industri 4.0) dapat dilihat pada Gambar V.1 dan dijelaskan pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Piramida Otomatisasi

	Tingkat	Uraian
0	lapangan/proses produksi	Level ini memiliki perangkat, aktuator, dan sensor yang ditemukan di lapangan (<i>field</i>) atau di lantai produksi (<i>production floor</i>). Level lapangan adalah lantai produksi di mana pekerjaan fisik dan pemantauan terjadi. Motor listrik, aktuator hidrolik dan pneumatik untuk memindahkan mesin, sakelar untuk mendeteksi pergerakan material tertentu, sakelar fotolistrik yang mendeteksi sebuah benda serupa/sama atau tidak adalah beberapa contoh di tingkat lapangan.
1	kontrol/ <i>sensing</i> -manipulasi	Level ini memuat PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>) dan PID (<i>proportional-integral-differential</i>) <i>controller</i> . Pada level ini, pekerja pabrik mengontrol dan memanipulasi perangkat di level lapangan yang benar-benar melakukan pekerjaan fisik. Mereka menerima informasi dari semua sensor, sakelar, dan perangkat input lainnya untuk membuat keputusan tentang output apa yang akan dihidupkan untuk menyelesaikan tugas

	Tingkat	Uraian
		yang diprogram. PID biasanya terintegrasi ke dalam PLC. Itulah yang dapat menjaga variabel dalam satu set parameter.
2	pemantauan dan pengawasan	Level ini menggunakan <i>SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)</i> . SCADA pada dasarnya adalah kombinasi dari level sebelumnya yang digunakan untuk mengakses data dan sistem kontrol dari satu lokasi. Biasanya menambahkan antarmuka pengguna grafis yang disebut HMI (<i>Human Machine Interface</i>), untuk mengontrol fungsi dari jarak jauh (<i>remote</i>). SCADA dapat memonitor dan mengontrol beberapa sistem dari satu lokasi. Tidak terbatas pada satu mesin saja.
3	Perencanaan manajemen operasi	Level ini menggunakan perangkat lunak komputer MES (<i>Manufacturing Execution System</i>). MES memonitor seluruh proses manufaktur di pabrik dari bahan baku hingga produk jadi. Ini memungkinkan manajemen untuk melihat dengan tepat apa yang terjadi dan memungkinkan mereka untuk mengambil

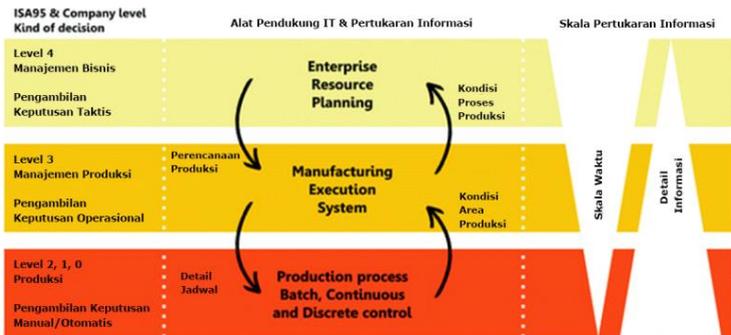
	Tingkat	Uraian
		keputusan berdasarkan informasi tersebut. Mereka dapat menyesuaikan pesanan bahan baku atau rencana pengiriman berdasarkan data nyata (<i>real-time</i>) yang diterima dari sistem.



Gambar IV.1 Piramida Otomatisasi Tradisional
 Sumber: www.plattform-i40.de

Dalam perkembangan saat ini level-level pada piramida otomatisasi ini saling berkomunikasi (Gambar IV.2) dengan menggunakan beberapa jenis protokol, diantaranya *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) sebuah protokol ringan yang memungkinkan *client* dan *server* berkomunikasi dan bertukar data dengan cepat, cara kerja MQTT ini sama dengan protokol internet lainnya berbasis *client* dan *server*,

server bertanggungjawab dalam mengelola permintaan para *client* dalam hal menerima dan mengirim data satu dengan yang lainnya, *MQTT server* biasa disebut *broker*. ketika sebuah alat (*client*) ingin mengirim data ke *broker* operasi ini disebut dengan "*publish*" dan jika sebuah alat ingin menerima data dari *broker* operasi ini disebut sebagai "*subscribe*". Protokol lain yang digunakan adalah *OPC UA (Open Protocol Communication Unified Architecture)* yang akan dijelaskan pada bagian lain dari bab ini.

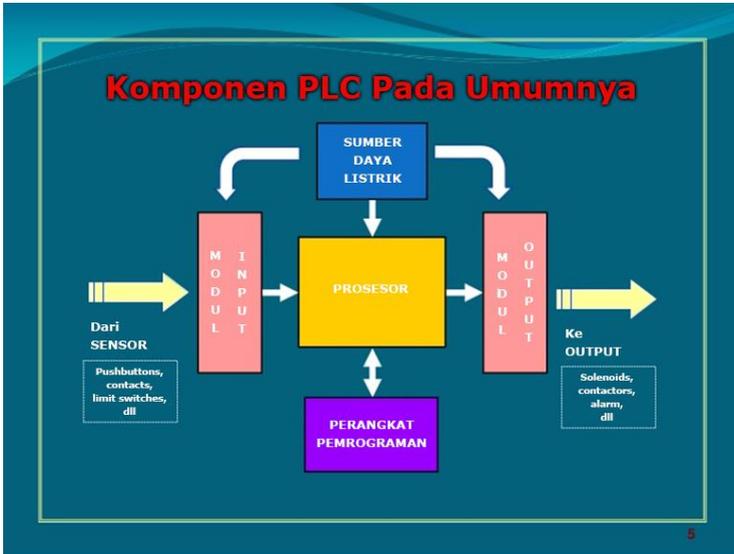


Gambar IV.2 Pertukaran Data pada Setiap Tingkat Otomatisasi

Sumber: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-54660-5_19

IV.2 Programmable Logic Controller (PLC) dan Perangkat Pendukung Lainnya

Programmable logic controller (PLC) sebagaimana terlihat pada Gambar IV.3 adalah sistem kontrol komputer industri yang terus-menerus memonitor keadaan perangkat input dan membuat keputusan berbasis logika untuk mengontrol keadaan perangkat output pada proses atau mesin secara otomatis.



Gambar IV.3 Diagram Komponen PLC Secara Umum
Sumber:

https://www.vsquareengineering.in/plc_course/

Perangkat input meliputi :

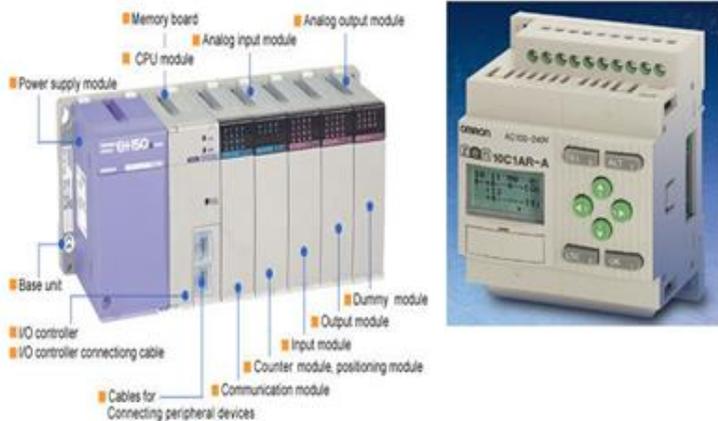
1. *Switch and Pushbutton*
2. *Sensing Device*
 - a. *Limit Switch*
 - b. *Photoelectric sensor*
 - c. *Proximity Sensor*
3. *Condition Sensor*
4. *Encoder*
 - a. *Pressure Switch*
 - b. *Level Switch*
 - c. *Temperature Switch*
 - d. *Vacuum Switch*
 - e. *Float Switch*

Perangkat output meliputi:

1. *Valve*
2. *Motor starter*

3. Solenoid
4. Actuator
5. Horn & alarm
6. Stack light
7. Control relay
8. Counter/totalizer
9. Pump
10. Printer
11. Fan

Programmable Logic Controller

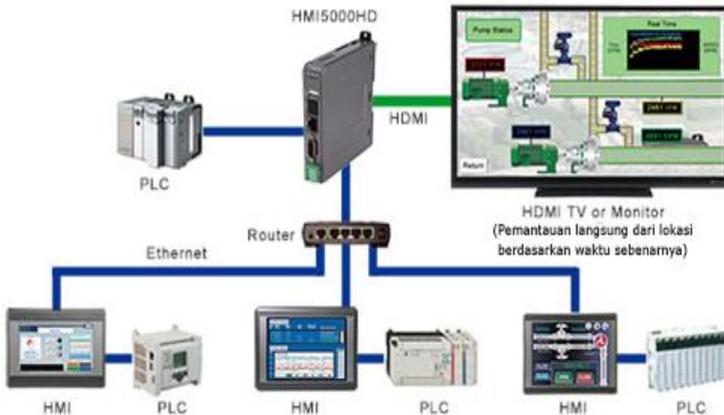


Gambar IV.4 Modul PLC

Sumber: <http://www.esuppliersindia.com/anubhavi-automation/programmable-logic-controller-plc-pr4921628-sFP-swf.html>

Manfaat terbesar dalam menggunakan PLC adalah kemampuan untuk mengubah dan mereplikasi operasi atau proses sambil mengumpulkan dan mengomunikasikan data. Disamping itu, bahwa PLC disusun secara modular, sehingga pengguna dapat mencampur dan mencocokkan jenis perangkat input dan output yang paling sesuai dengan aplikasinya.

Di luar PLC itu sendiri terdapat perangkat pendukung lainnya yaitu perangkat pemrograman dan antarmuka manusia-mesin (*Human Machine Interface*-HMI) sebagaimana terlihat pada Gambar IV.5. Perangkat pemrograman dapat berupa komputer *desktop*, *laptop*, atau *tablet*. Ada juga *fixed I/O PLC* yang dilengkapi (*built-in*) dengan tampilan dan tombol bawaan yang memungkinkan program ditulis secara langsung pada PLC. Perangkat pemrograman memungkinkan pengguna untuk melihat dan memodifikasi kode yang berjalan pada PLC, sedangkan HMI menyediakan tingkat abstraksi yang lebih tinggi, memodelkan sistem kontrol secara keseluruhan.



Gambar IV.5 Pemanfaatan HMI dalam Sistem Pengendalian Proses

Sumber: <https://www.designworldonline.com/hdmi-compatible-industrial-hmi-from-maple-systems/>

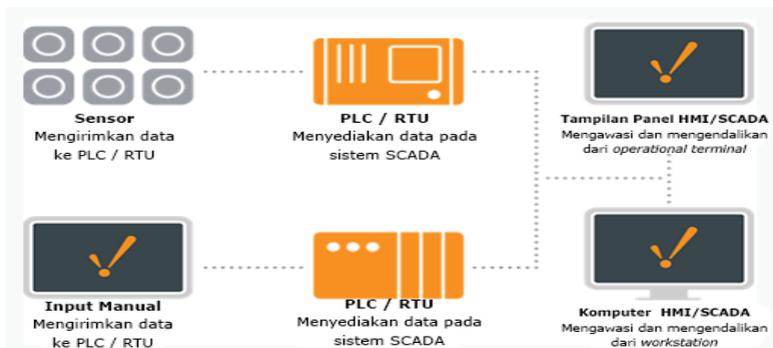
IV.3 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

SCADA adalah sistem perangkat lunak dan perangkat keras yang memungkinkan organisasi industri untuk:

1. Kontrol proses industri secara lokal atau di lokasi terpencil (*remote*)
2. Memantau, mengumpulkan, dan memproses data *real time*
3. Berinteraksi langsung dengan perangkat seperti *sensor*, katup, pompa, motor, dan lainnya melalui perangkat lunak HMI
4. Rekam peristiwa ke dalam *file log*

Sistem SCADA sangat penting untuk organisasi industri karena mereka membantu menjaga efisiensi, memproses data untuk keputusan yang lebih cerdas, dan mengomunikasikan masalah sistem untuk membantu mengurangi waktu henti (*down time*).

Arsitektur dasar SCADA dimulai dengan PLC atau *remote terminal units* (RTU). PLC dan RTU adalah mikrokomputer yang berkomunikasi dengan berbagai objek seperti mesin pabrik, HMI, sensor, dan perangkat akhir, dan kemudian merutekan informasi dari objek tersebut ke komputer dengan perangkat lunak SCADA. Perangkat lunak SCADA memproses, mendistribusikan, dan menampilkan data, membantu operator dan karyawan lainnya menganalisis data dan membuat keputusan. Diagram sistem SCADA dapat dilihat pada Gambar IV.6 dan contoh pengendalian proses dengan SCADA dapat dilihat pada Gambar IV.7.



Gambar IV.6 Diagram Sistem SCADA

Sumber: <http://clue.club.flicflac-event.de/xxxx/simple-scada-diagram.html>



Gambar IV.7 Contoh Pengendalian Proses dengan Sistem SCADA dengan Tablet

Sumber: <https://www.inductiveautomation.com/resources/casestudy/ignition-gets-it-done-for-electric-water-and-sewer>

Ketika mengotomatisasi proses manufaktur, baik DCS (*Distributed Computer System*) maupun SCADA sangat penting untuk platform otomatisasi yang komprehensif. Sementara DCS menekankan operasi tingkat proses, SCADA didorong oleh peristiwa dan memprioritaskan pengumpulan data. SCADA juga lebih terukur dan fleksibel dibandingkan DCS, sehingga dapat digunakan untuk mengumpulkan data dari satu pabrik atau beberapa pabrik tanpa batasan geografis. Sedangkan DCS ideal untuk mengendalikan operasi di satu fasilitas atau pabrik.

IV.4 Manufacturing Execution System (MES)

Manufacturing Execution System (MES) adalah sistem informasi yang menghubungkan, memantau, dan mengontrol sistem manufaktur dan aliran data yang kompleks di rantai pabrik. Tujuan utama MES adalah untuk memastikan pelaksanaan operasi manufaktur yang efektif dan meningkatkan hasil produksi. MES

membantu mencapai tujuan itu dengan melacak dan mengumpulkan data *real time* yang akurat tentang siklus hidup produksi lengkap, dimulai dengan rilis pesanan hingga tahap pengiriman produk untuk barang jadi. MES mengumpulkan data tentang silsilah produk, kinerja, keterlaksanaan, manajemen material, dan pekerjaan dalam proses (*Work-in-Process* -WIP) dan aktivitas pabrik lainnya saat hal itu terjadi. Data ini, pada gilirannya, memungkinkan pembuat keputusan untuk memahami pengaturan rantai pabrik saat ini dan lebih mengoptimalkan proses produksi. *Manufacturing Enterprise Solutions Association* (MESA) International, sebuah organisasi yang bertujuan untuk meningkatkan manajemen operasi di bidang manufaktur melalui penerapan TI yang efektif, mendefinisikan ruang lingkup MES pada tahun 1997 melalui model "MESA-11". MESA -11 adalah model MES paling awal dan menunjukkan 11 fungsi inti dari MES dapat dilihat pada Gambar IV.8.



Gambar IV.8 Modul-modul pada *Manufacturing Execution System* (MES)

Sumber: <https://www.visschers-consulting.com/manufacturing-execution-system-mes>

IV.5 Enterprise Resource Planning (ERP)

Enterprise Resource Planning (ERP) adalah perangkat lunak manajemen proses bisnis yang memungkinkan suatu organisasi untuk menggunakan sistem aplikasi terintegrasi untuk mengelola bisnis dan mengotomatiskan banyak fungsi *back office* terkait dengan teknologi, layanan, dan sumber daya manusia. Contoh fungsi/modul ERP dapat dilihat pada Gambar IV.9.



Gambar IV.9 Contoh Modul-modul ERP

Sumber: <https://layout.alimb.us/46-module-five-exam-introduction-to-construction-drawings-1s0g/module-five-exam-introduction-to-construction-drawings-erp-for-manufacturing-industry/>

Perangkat lunak ERP biasanya mengintegrasikan semua aspek operasi-termasuk perencanaan produk, pengembangan, produksi, penjualan dan pemasaran -

dalam satu basis data, aplikasi, dan antarmuka pengguna. ERP Suite yang lengkap juga mencakup manajemen kinerja perusahaan, perangkat lunak yang membantu merencanakan, menganggarkan, memprediksi, dan melaporkan hasil keuangan organisasi. Laporan pun disajikan dalam visualisasi yang menarik dan mudah dianalisis sebagaimana dicontohkan pada Gambar V.10.



Gambar IV.10 Visualisasi Kinerja Perusahaan dengan Modul-modul ERP

Sumber: <https://www.datapine.com/blog/interactive-dashboard-features/>

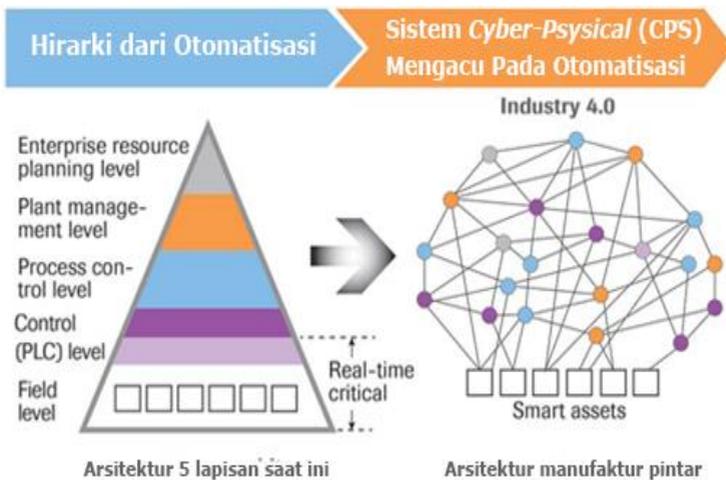
Tujuan dasar menggunakan sistem ERP adalah untuk menyediakan satu pusat penyimpanan untuk semua informasi yang dibagikan oleh semua aspek ERP untuk meningkatkan aliran data di seluruh organisasi. Sistem ERP menghilangkan duplikasi data dan menyediakan satu sumber kebenaran dengan integritas data.

Saat ini banyak tersedia sistem ERP komersial, akan tetapi sistem ERP *open source* juga tersedia dalam jumlah yang tidak sedikit, penggunaan *open source* ERP tidak berarti mengurangi mutu dari sistem, bahkan *open source* ERP memberikan banyak keuntungan diantaranya:

1. Biaya murah, tidak ada lisensi dan biaya perawatan sistem
2. Lebih mudah *diupgrade* dan dapat dilakukan *upgrade* lebih sering dibandingkan komersial ERP.
3. *Interface* lebih mudah disesuaikan dengan kebutuhan.

IV.6 Cyber Physical Systems (CPS) based Automation

Piramida otomatisasi tradisional sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya mengalami transformasi menuju industri 4.0 dengan memanfaatkan teknologi *cloud computing* sebagaimana terlihat pada gambar IV.11a dan Gambar IV.11b.



Gambar IV.11a Perubahan Piramida Otomatisasi (Rev.Ind.3.0) ke Otomatisasi Industri 4.0

Sumber: <https://www.foodengineeringmag.com/articles/97066-industry-40-network-architecture-relies-on-interconnectivity>



Gambar IV.11.b Otomatisasi Industri 4.0 berbasis *Cloud*

Sumber: www.plattform-i40.de

Pada gambar tersebut muncul tingkat baru yaitu tingkat 5 *cloud* yang menggabungkan semua tingkat otomatisasi sebelumnya dengan *cloud* untuk membangun transformasi *digital industry 4.0*, dimana dengan adanya konektivitas dengan *cloud* maka data dari tingkat mana pun sebelumnya dapat secara langsung dimasukkan ke dalam *data lake* atau aplikasi lain (misal MES/ERP), bahkan wawasan (*insights*) juga dapat diperoleh langsung. Di sinilah tingkat efisiensi dan keunggulan operasional berikutnya tercapai.

Dengan adanya konektivitas ke *cloud* ini, maka perusahaan dapat melakukan integrasi secara vertikal maupun horizontal lebih mudah dibandingkan era industri sebelumnya.

Industri 4.0 telah semakin memperkuat pentingnya integrasi horizontal dan vertikal, menjadikannya tulang punggung dimana *smart factory* dibangun. Untuk

integrasi horizontal Industri 4.0 juga berarti menciptakan jaringan kolaboratif yang mulus dan terpusat data di seluruh rantai pasokan organisasi. Integrasi vertikal melakukan hal yang sama untuk unit bisnis organisasi sendiri, memastikan tingkat keselarasan yang belum pernah terjadi sebelumnya antara proses produksi dan kegiatan bisnis inti seperti teknologi informasi, penjualan, pemasaran, logistik, teknik, dan sebagainya.

Integrasi horizontal ini terjadi di beberapa tingkatan:

1. Di lantai produksi mesin dan unit produksi yang selalu terhubung masing-masing menjadi objek dengan properti yang terdefinisi dengan baik dalam jaringan produksi. Mereka secara konstan mengomunikasikan status kinerja mereka dan, bersama-sama, merespons secara mandiri terhadap persyaratan produksi yang dinamis. Tujuan utamanya adalah bahwa lantai produksi cerdas akan dapat secara efektif menghasilkan ukuran lot satu serta mengurangi waktu henti yang mahal melalui pemeliharaan prediktif.

2. Di berbagai fasilitas produksi

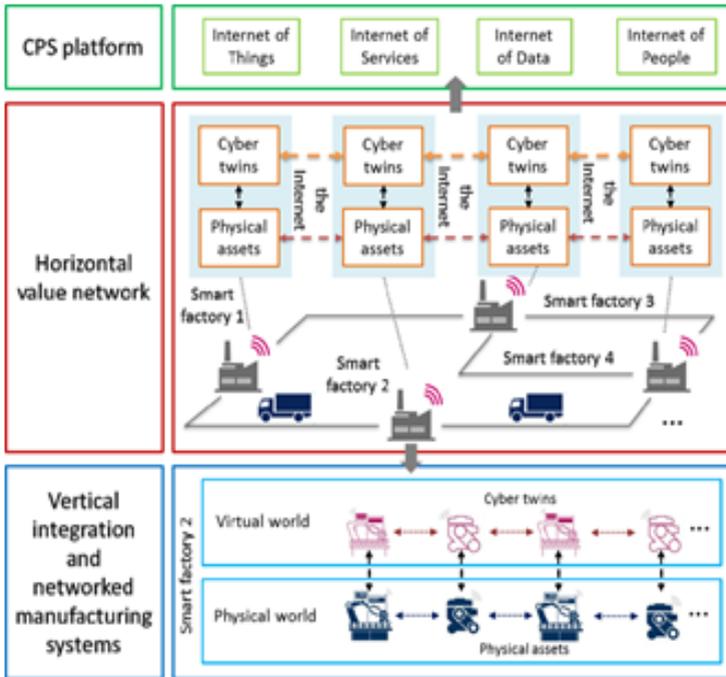
Industri 4.0 mempromosikan integrasi horizontal di seluruh Sistem Eksekusi Manufaktur (MES) tingkat pabrik. Dalam skenario ini, data fasilitas produksi (tingkat persediaan, keterlambatan yang tak terduga, dan sebagainya) dibagi secara mulus (*seamless*) di seluruh perusahaan dan, jika memungkinkan, tugas-tugas produksi dialihkan secara otomatis di antara fasilitas untuk merespons dengan cepat dan efisien terhadap variabel-variabel produksi.

3. Di seluruh rantai pasokan

Industri 4.0 mengusulkan transparansi data dan kolaborasi otomatis tingkat tinggi di seluruh rantai pasokan dan logistik hulu yang menetapkan proses produksi sendiri serta rantai hilir yang membawa produk jadi ke pasar. Pemasok dan penyedia layanan pihak ketiga harus secara aman tetapi erat dimasukkan

secara horizontal ke dalam sistem kontrol produksi dan logistik perusahaan.

Integrasi vertikal dalam Industri 4.0 bertujuan untuk menyatukan semua lapisan logis dalam organisasi dari lapisan lapangan (yaitu, rantai produksi) hingga R&D, jaminan kualitas, manajemen produk, TI, penjualan dan pemasaran, dan sebagainya. Data mengalir secara bebas dan transparan ke atas dan ke bawah lapisan ini sehingga keputusan strategis dan taktis dapat digerakkan oleh data sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya. Perusahaan industri 4.0 yang terintegrasi secara vertikal mendapatkan keunggulan kompetitif yang krusial dengan mampu merespons dengan tepat dan dengan gesit terhadap perubahan sinyal pasar dan peluang baru.



Gambar IV.12 CPS pada Integrasi Vertikal dan Horizontal

Sumber: <https://steemit.com/steempress/@hellosketch/smartfactory-rwyb9fhk3p>

IV.7 Open Protocol Communication Unified Architecture (OPC-UA)

OPC Unified Architecture (OPC UA) adalah protokol komunikasi mesin ke mesin untuk otomasi industri yang dikembangkan oleh *OPC Foundation*. *OPC UA (Unified Architecture)* adalah standar yang memfasilitasi pertukaran data antara PLC, HMI, server, klien dan mesin lainnya untuk keperluan interkoneksi dan aliran informasi. Jenis interkoneksi dan komunikasi ini tentu saja, penting dalam pabrik karena ada banyak jenis peralatan,

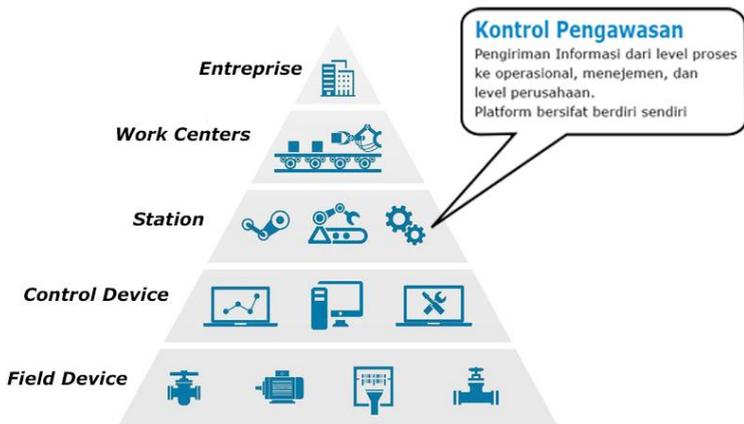
perangkat, dan mesin yang mengukur parameter proses, menghasilkan data, atau merekam data.

OPC UA berfungsi pada salah satu dari yang berikut ini dan lainnya:

1. *Platform* perangkat keras: perangkat keras PC tradisional, server berbasis *cloud*, PLC, pengontrol mikro (ARM dll.)
2. Sistem Operasi: Microsoft Windows, Apple OSX, Android, atau distribusi Linux apa pun, dll.

OPC UA menyediakan infrastruktur yang diperlukan untuk interoperabilitas di seluruh perusahaan, dari mesin-ke-mesin, mesin-ke-perusahaan dan segala sesuatu di antaranya.

OPC UA merupakan salah satu protokol komunikasi terpenting untuk Industri 4.0 dan IoT. Dengan OPC, akses ke mesin, perangkat, dan sistem lain di lingkungan industri distandarisasi dan memungkinkan pertukaran data yang serupa dan tidak tergantung pabrik.



Gambar IV.13 Pemanfaatan Protokol OPC UA
Sumber: <https://fn8group.com/industry-4-0-opc-ua/>

Gambar IV.13 Pemanfaatan Protokol OPC UA dalam rangka integrasi vertikal dan horizontal OPC UA dapat digunakan dengan mudah, pertukaran data aman, dapat mengakomodasi sistem lama (*legacy system*) serta infrastruktur yang ada dan memungkinkan skalabilitas. Alasan utama OPC UA akan terus diadopsi dan dimanfaatkan dalam industri manufaktur adalah:

1. Memungkinkan mendukung manufaktur cerdas (*smart manufacturing*)
2. Berkontribusi pada pengurangan kompleksitas dalam komunikasi antara perangkat dan mesin. Dengan demikian meningkatkan efisiensi pabrik secara keseluruhan
3. Dapat mengakomodasi sistem lama (*legacy system*), permesinan baru dan lini produk dengan mudah
4. Lintas platform
5. Bukan format eksklusif (*proprietary format*)
6. Dapat menerima dan menginterpretasikan beberapa titik data dari berbagai sumber

Daftar Pustaka:

1. FESTO. 2017. Introduction to Industry 4.0 – core elements and business opportunities. Festo Didactic SE, 73770 Denkendorf, Germany, 2017
2. <https://realpars.com/automation-pyramid/>
3. <https://opensource.com/business/15/3/why-large-companies-use-open-source-erp>
4. <https://id.pinterest.com/therealpars/?autologin=true>
5. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-54660-5_19
6. https://www.vsquareengineering.in/plc_course/
7. <http://www.esuppliersindia.com/anubhavi-automation/programmable-logic-controller-plc-pr4921628-sFP-swf.html>
8. <https://www.designworldonline.com/hdmi-compatible-industrial-hmi-from-maple-systems/>

9. <http://clue.club.flicflac-event.de/xxxx/simple-scada-diagram.html>
10. <https://www.inductiveautomation.com/resources/casestudy/ignition-gets-it-done-for-electric-water-and-sewer>
11. <https://www.visschers-consulting.com/manufacturing-execution-systemes>
12. <https://layout.alimb.us/46-module-five-exam-introduction-to-construction-drawings-ls0g/module-five-exam-introduction-to-construction-drawings-erp-for-manufacturing-industry/>
13. <https://www.datapine.com/blog/interactive-dashboard-features/>
14. <https://www.foodengineeringmag.com/articles/97066-industry-4-0-network-architecture-relies-on-interconnectivity>
15. https://www.researchgate.net/figure/Vertical-and-horizontal-integration-with-OPC-Unified-Architecture-in-factory-automation_fig4_324952880
16. <https://steemit.com/steempres/@hellosketch/smartfactory-rwyb9fhk3p>
17. <https://fn8group.com/industry-4-0-opc-ua/>

BAB V

KOMPUTASI AWAN (*CLOUD COMPUTING*)

Capaian Pembelajaran:

Mampu memahami pengetahuan tentang

- 1. Definisi komputasi awan**
- 2. Layanan komputasi awan**
- 3. *Cloud computing deployment model***

Teknologi *cloud* adalah pendukung penting Revolusi Industri Industri 4.0. Dengan merangkul *cloud*, proses bisnis perusahaan akan beroperasi lebih efisien dan lebih berdaya saing. Dengan memanfaatkan teknologi *cloud* perusahaan dapat menyewa perangkat lunak dan sumber daya yang perusahaan butuhkan setiap bulan dengan skala yang tepat. Perusahaan tidak perlu menyewa tim teknologi informasi untuk memelihara perangkat keras perusahaan. Bahkan perusahaan akan dihargai dengan layanan yang sangat andal (*reliable*) di mana perusahaan tidak perlu khawatir tentang waktu henti (*down time*). Komputasi awan memberikan landasan yang kokoh bagi bisnis untuk mengembangkan berbagai teknologi, memungkinkan perusahaan untuk berinovasi dan melompati persaingan. Cara kerja sistem *cloud computing* bekerja menggunakan internet sebagai server dalam mengolah data. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk login ke internet yang tersambung ke program untuk menjalankan aplikasi yang dibutuhkan tanpa melakukan instalasi. Infrastruktur seperti media penyimpanan data dan juga instruksi/perintah dari pengguna disimpan secara virtual melalui jaringan internet kemudian perintah – perintah tersebut dilanjutkan ke server aplikasi. Setelah perintah diterima di server aplikasi kemudian data diproses dan pada proses final pengguna akan disajikan dengan halaman yang telah diperbaharui sesuai dengan instruksi yang diterima sebelumnya sehingga konsumen dapat

merasakan manfaatnya. Contoh layanan *cloud computing* yaitu penggunaan email seperti Yahoo ataupun Gmail. Data di beberapa server diintegrasikan secara global tanpa harus mendownload *software* untuk menggunakannya. Pengguna hanya memerlukan koneksi internet dan semua data dikelola langsung oleh Yahoo dan juga Google. *Software* dan juga memori atas data pengguna tidak berada di komputer tetapi terintegrasi secara langsung melalui sistem *Cloud* menggunakan komputer yang terhubung ke internet. Untuk contoh lainnya terkait layanan *cloud computing* adalah sebagai berikut:

1. Google Drive

Google Drive adalah layanan penyimpanan secara online yang dimiliki Google. *Google Drive* diluncurkan pada tanggal 24 April 2012. Sebenarnya *Google Drive* merupakan pengembangan dari *Google Docs*. *Google Drive* memberikan kapasitas penyimpanan sebesar 5GB kepada setiap penggunanya. Kapasitas tersebut dapat ditambahkan dengan melakukan pembayaran atau pembelian *Storage*. Penyimpanan file di *Google Drive* dapat memudahkan pemilik file dapat mengakses file tersebut kapanpun dan dimanapun dengan menggunakan komputer desktop, laptop, komputer tablet ataupun *smartphone*. File tersebut juga dapat dengan mudah dibagikan dengan orang lain untuk berbagi pakai ataupun melakukan kolaborasi dalam pengeditan.

2. Windows Azure

Windows Azure adalah sistem operasi yang berbasis komputasi awan, dibuat oleh Microsoft untuk mengembangkan dan mengatur aplikasi serta melayani sebuah jaringan global dari Microsoft Data Centers. Windows Azure yang mendukung berbagai macam bahasa dan alat pemograman. Sistem operasi ini dirilis pada 1 Februari 2010.

3. Amazon Web Service

Amazon Web Service (AWS) merupakan salah satu layanan *Platform as service (PaaS)* yang dibuat oleh

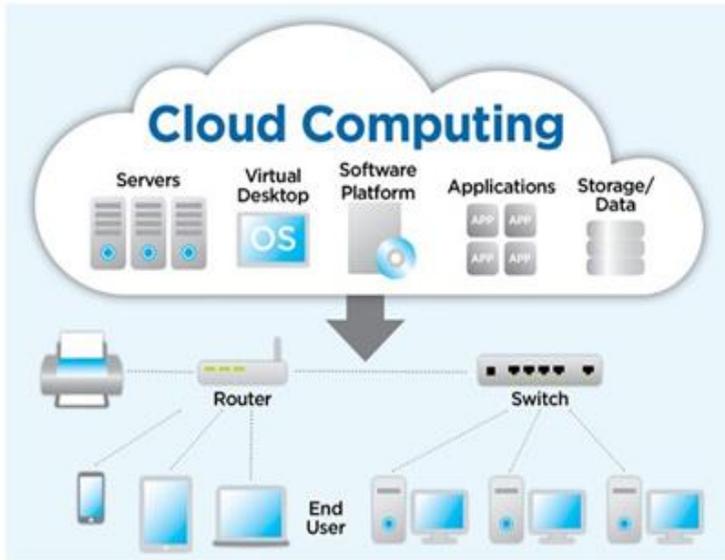
perusahaan Amazon. Dengan menggunakan AWS kita dapat mengembangkan aplikasi dengan mengaktifkan middleware ataupun aplikasi yang dibutuhkan.

4. Git dan GitHub

Git dan GitHub telah mengubah cara kita bekerja dalam pengembangan web. Mereka menyediakan lokasi berbasis *cloud* yang terpusat untuk menyimpan, berbagi, menerbitkan, menguji, dan berkolaborasi dalam proyek pengembangan web. Git merevolusi kontrol versi-penting saat Anda memiliki lebih dari satu pengembang yang mengerjakan proyek. GitHub telah menambahkan *platform* pementasan yang memungkinkan pengembang membagikan *prototype*, berkolaborasi dalam proyek, mengedit dan membangun kode masing-masing, dan memberi kesempatan kepada pemangku kepentingan untuk melakukan kemajuan dalam proses uji coba.

V.1 Definisi Komputasi Awan

Komputasi awan adalah istilah umum untuk apa pun yang melibatkan pemberian layanan yang di-*host* melalui Internet. Komputasi awan berarti menyimpan dan mengakses data dan program melalui jaringan internet sebagai pengganti yang selama ini menggunakan *hard drive* komputer lokal (*on premise*). Aplikasi perangkat lunak anda akan berjalan di server yang dikelola oleh pusat data (*data centre*) dan akan terlihat sama seperti biasanya di komputer lokal anda (*on premise*). Semua file anda disimpan di server di pusat data dan anda akan memiliki akses ke semua informasi ini dengan koneksi internet. Nama *cloud computing* terinspirasi oleh simbol *cloud* yang sering digunakan untuk mewakili Internet dalam *flowchart* dan diagram.



Gambar V.1 Contoh Arsitektur Layanan Komputasi Awan

Sumber: <https://www.datamation.com/cloud-computing/what-is-cloud-computing.html>

1. *Cloud server* merupakan layanan teknologi yang menggabungkan komputer dan jaringan yang berbasis internet. Pada intinya, teknologi ini memanfaatkan media internet sebagai pusat server untuk pengelolaan data. Sehingga data-data yang Anda perlukan dapat dengan mudah diakses dan tidak perlu lagi menyimpan data melalui alat penyimpanan seperti Flashdisk, Harddisk, CD maupun DVD. Tentu hal ini akan sangat mempermudah bila seseorang memiliki data yang tersimpan di suatu perangkat penyimpanan dan perangkat itu hilang, maka data yang tersimpan pasti ikut hilang. Namun, data di *cloud* server akan tetap aman.

2. *Virtual desktop* merupakan hasil teknologi dengan konsep *Virtual Desktop Infrastructure* (VDI) yang sedang berkembang. Dimana desktop adalah komputer kerja juga bisa disebut komputer meja yang dipakai untuk kerja sehari-hari dalam satu lokasi bisa di rumah maupun di kantor. Dan lebih diperuntukkan kepada perusahaan dengan karyawan yang menggunakan komputer, sehingga desktop (komputer kerja) tidak lagi harus wujud fisik komputer yang besar tetapi sudah dalam bentuk virtual yang akan dapat diakses dengan model *client-server*.
3. *Platform software* (perangkat lunak) adalah platform yang digunakan dalam sesuatu yang berkaitan dengan *software* atau perangkat lunak. Platform Perangkat Lunak ini lebih luas, namun lebih mudah untuk dihubungkan oleh pengguna. Karena lebih masuk akal, mengingat bahwa kita berinteraksi lebih umum dengan Perangkat Lunak yang berupa Aplikasi, meskipun perangkat keras (mis. mouse, keyboard, monitor, layar sentuh) membantu menjembatani interaksi Kita. Kategori umum platform perangkat lunak termasuk dalam:
 - *Software system* atau perangkat lunak sistem
 - *Software application* atau aplikasi perangkat lunak
4. *Applications* berfungsi untuk melakukan tugas-tugas khusus yang tidak lepas dari beberapa macam program pembangunnya, yaitu terdiri dari *software* hiburan, pendidikan, bisnis, perangkat lunak khusus, serta produktivitas kerja. Perangkat lunak penunjang produktivitas kerja memberikan peranan yang sangat bermanfaat untuk optimalisasi mutu kerja.
5. *Storage/data* adalah layanan penyimpanan file di internet dimana file-file yang tersimpan bisa dikelola dari mana saja selama user masih terhubung dengan *cloud storage* tersebut melalui jaringan internet. Konsep kerja *cloud storage* sama seperti pada

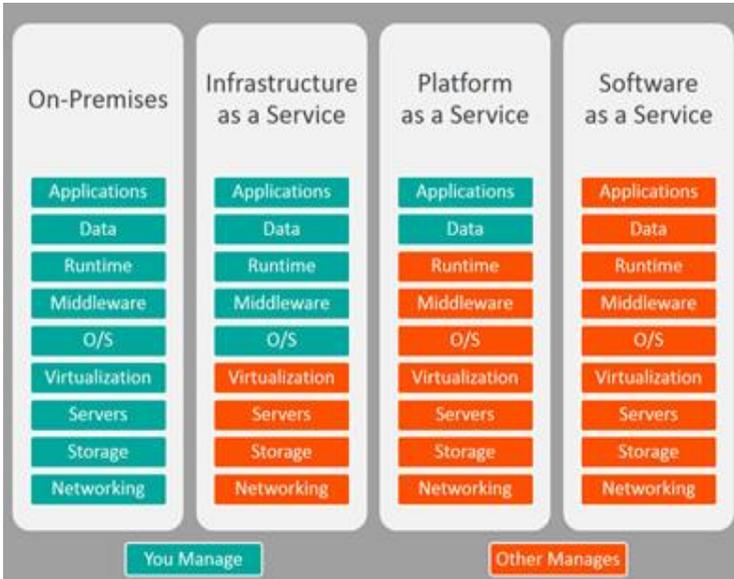
konsep file server di suatu perusahaan, bedanya infrastruktur pada media *storage* tersebut dikelola oleh provider *cloud*, dan selanjutnya pemanfaatannya dijadikan sebagai layanan penyimpanan file yang bisa diakses dari internet.

V.2 Layanan Komputasi Awan

Layanan komputasi awan secara luas dibagi menjadi tiga kategori: Infrastruktur sebagai Layanan (*Infrastructure as a Service - IaaS*), platform sebagai layanan (*Platform as Service - PaaS*) dan perangkat lunak sebagai layanan (*Software as a Service - SaaS*).

<i>On premise</i> (di tempat) :	perangkat lunak yang diinstal di gedung yang sama dengan bisnis Anda
IaaS :	layanan berbasis <i>cloud</i> , <i>pay-as-you-go</i> untuk layanan seperti penyimpanan, jaringan, server, dan virtualisasi.
PaaS :	perangkat keras dan perangkat lunak yang tersedia melalui internet
SaaS :	perangkat lunak yang tersedia melalui pihak ketiga melalui internet

Rincian skema layanan kawasan komputasi awan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar V.2 Perbedaan Layanan Komputasi Awan dengan *On-premise*

Sumber: <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>

Penggunaan *cloud* menawarkan kelebihan. Pertama, dari segi biaya. Jika memilih menggunakan pusat data *on premise* perusahaan akan memerlukan investasi besar di awal untuk penyediaan *hardware*, *software*, *network*, ruang server, pendingin yang cukup, dan listrik yang stabil. Menggunakan *cloud*, biaya besar di awal bisa dipangkas. Semua infrastruktur fisik sudah disediakan oleh vendor penyedia layanan *cloud*. Begitu juga dengan pemeliharaannya. Kelebihan kedua adalah skalabilitas yang tidak terbatas. Perusahaan dapat melakukan penambahan atau pengurangan kapasitas dan spesifikasi server-nya sesuai kebutuhan. Kekurangannya, perusahaan yang menggunakan *cloud* akan sangat bergantung pada kualitas koneksi internet. Saat ini belum semua area di Indonesia terkoneksi

dengan jaringan internet yang memadai. Hal ini bisa menjadi pertimbangan perusahaan karena tanpa koneksi internet memadai akses ke server, aplikasi, atau data-data yang tersimpan dalam *cloud* akan sulit. Kontrol terhadap data yang disimpan juga sangat bergantung pada *provider*. Kerja sama antara perusahaan sebagai *user* dan *provider cloud* terbatas pada *service level agreement*, misalnya dalam hal *maintenance*. Selain itu, ada juga risiko *downtime*.

Provider cloud mengurus banyak klien setiap harinya. Sewaktu-waktu bukan tidak mungkin *provider* mengalami masalah teknis yang menyebabkan akses ke layanan *cloud* terhambat. Bisnis perusahaan bisa jadi ikut terhambat oleh karena hal ini. Ketika hal ini terjadi perusahaan tidak bisa berbuat banyak selain menunggu perbaikan dari *provider*. Menggunakan *cloud* biaya di awal akan lebih sedikit, tetapi perlu diingat bahwa kustomisasi kapasitas dan spesifikasi server pada *cloud* juga memerlukan biaya. Begitu juga soal isu keamanan data. Biaya untuk memastikan keamanan data ini sangat besar. Sedangkan pusat data *on premise*, menawarkan otoritas lebih dalam hal penyimpanan data kepada perusahaan. Data dan aplikasi dilindungi *firewall* dan hanya dapat diakses oleh perusahaan. Perusahaan dapat membuat *private cloud* untuk menyimpan data yang bersifat sensitif dan rahasia, sementara data-data yang tidak bersifat sensitif dapat dipindahkan ke *public cloud*. Kustomisasi server dapat dilakukan hingga benar-benar sesuai dengan kebutuhan bisnis. Kekurangannya, pusat data *on premise* memerlukan investasi besar serta tenaga IT untuk mengoperasikan dan memelihara pusat data baik *hardware* maupun *software*-nya. Biaya investasi tersebut memang hanya besar di awal, sementara biaya operasional ke depannya bisa dikatakan akan lebih minim dibandingkan dengan menggunakan layanan *cloud*. Namun, ada satu hal yang tidak bisa

diperoleh dari pusat data *on premise* yaitu kepraktisan dan fleksibilitas dalam hal meningkatkan skalabilitas.

Sebagian besar bisnis menggunakan kombinasi model layanan *cloud computing* SaaS dan IaaS, dan banyak pengembang yang terlibat untuk membuat aplikasi menggunakan PaaS juga.

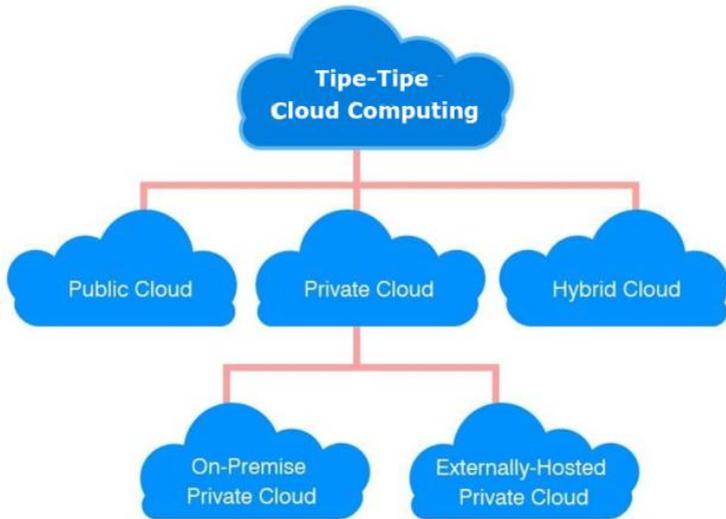
Contoh layanan komputasi awan SaaS:	BigCommerce, Google Apps, Salesforce, Dropbox, MailChimp, ZenDesk, DocuSign, Slack, Hubspot
Contoh layanan komputasi awan PaaS:	AWS Elastic Beanstalk, Heroku, Windows Azure (kebanyakan digunakan sebagai PaaS), Force.com, OpenShift, Apache Stratos, Magento Commerce <i>Cloud</i>
Contoh layanan komputasi awan IaaS:	AWS EC2, Rackspace, Google Compute Engine (GCE), Digital Ocean, Magento 1 Edisi Enterprise

Meningkatnya popularitas penggunaan layanan komputasi awan IaaS, PaaS, dan SaaS mengurangi kebutuhan untuk hosting di tempat (*on premise*). Masing-masing model server komputasi awan tersebut memberikan pilihan, fleksibilitas, dan opsi kepada pengguna yang tidak dapat disediakan oleh *hosting local (on premise)*. Beberapa model server komputasi awan lebih rumit daripada yang lain.

Tingkat pengetahuan administrasi sistem berkurang mengikuti urutan layanan komputasi awan berikut ini: *On-premise*> IaaS> PaaS> SaaS.

V.3 Cloud Computing Deployment Model

Cloud Computing Deployment Model dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar V.3 Jenis-jenis komputasi awan
Sumber: <http://blog.bookmyidentity.com/cloud-hosting/what-is-cloud-computing-2/>

1. *Public Cloud* merupakan model komputasi awan di mana penyedia pihak ketiga membuat sumber daya komputasi tersedia untuk masyarakat umum melalui internet. Dengan *cloud* publik, perusahaan tidak perlu mengatur dan mengelola sendiri server *cloud* mereka sendiri.

Karakteristik *Public Cloud* : *Multi-tenant architecture; pay-as-you-go pricing model*

Vendor utama antara lain: AWS, Microsoft Azure, Goggle Cloud Platform

2. *Private Cloud* merupakan model komputasi awan di mana perusahaan menggunakan arsitektur

berpemilik (*proprietary*) dan menjalankan server *cloud* dalam pusat datanya sendiri.

Karakteristik *Private Cloud*: *Single-tenant architecture; on premise hardware*; kontrol langsung infrastruktur *cloud* yang mendasarinya.

Vendor Utama: HPE, VMwave, Dell EMC, IBM, Red Hat, Microsoft, OpenStack.

3. *Hybrid Cloud* merupakan model komputasi awan yang mencakup perpaduan layanan *public cloud*, *private cloud*, dan pihak ketiga dengan orkestrasi antara kedua platform.

Karakteristik *Hybrid Cloud*: kemampuan *cloud* bursting; banyak manfaat pada lingkungan publik dan privat.

Vendor Utama : Kombinasi dari penyedia *public cloud* dan *private cloud*.

Penerapan *cloud (cloud deployment)* menjelaskan cara *platform cloud* diimplementasikan, bagaimana hostnya, dan siapa yang memiliki akses ke sana. Semua penerapan komputasi awan beroperasi dengan prinsip yang sama dengan memvirtualisasikan daya komputasi server ke dalam aplikasi tersegmentasi dan berbasis perangkat lunak yang menyediakan kemampuan pemrosesan dan penyimpanan.

Cloud computing menawarkan banyak peluang bagi Lanner untuk meningkatkan kinerja, jangkauan, dan penggunaan teknologi kami. Secara tradisional, sebuah teknologi terbatas pada pemodelan dan analisis, kembar digital prediktif, dan kemampuan simulasi mereka sekarang dapat secara langsung berada di tangan mereka yang membuat keputusan bisnis, di mana mereka dapat memperoleh akses ke wawasan melalui perangkat apa pun kapan saja. Ini berarti bahwa simulasi prediksi sekarang digunakan untuk perencanaan dan penjadwalan sumber daya operasional selain perencanaan bisnis strategis, investasi dan keputusan kebijakan.

Cloud adalah dasar untuk semua solusi dan penawaran inovatif di industri 4.0. Membangun di atas teknologi *cloud*, kami mengembangkan dan menawarkan produk-produk standar seperti solusi ujung ke ujung kami untuk pemantauan mesin industri, pelacakan aset atau pemantauan pengiriman.

Daftar Pustaka

1. <https://www.datamation.com/cloud-computing/what-is-cloud-computing.html>
2. <http://blog.bookmyidentity.com/cloud-hosting/what-is-cloud-computing-2/>
3. <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/>

BAB VI

BIG DATA ANALYTIC

Capaian Pembelajaran:
Mampu memahami pengetahuan tentang *big data analytic*

VI.1 Pengertian, Karakteristik dan Manfaat *Big Data*

Menurut pendapat beberapa ahli, *big data* memiliki berbagai pengertian antara lain:

1. *Big data* adalah istilah yang menggambarkan volume data yang besar, baik data yang terstruktur maupun data yang tidak terstruktur (Permana, 2016).
2. *Big data* adalah data yang memiliki skala (*volume*), distribusi (*velocity*), keragaman (*variety*) yang sangat besar, dan atau abadi, sehingga membutuhkan penggunaan arsitektur teknikal dan metode analitik yang inovatif untuk mendapatkan wawasan yang dapat memberikan nilai bisnis baru atau informasi yang bermakna (McKinsey Global, 2011 dalam Cholissodin dkk, 2016).
3. *Big data* adalah sekumpulan data yang begitu besar atau kompleks dimana tidak bisa ditangani lagi dengan sistem teknologi komputer konvensional (Hurwitz, dkk., 2013).
4. *Big data* adalah proses menyampaikan wawasan pengambilan keputusan secara cepat dengan menggunakan orang dan teknologi agar dapat menganalisis data dari berbagai jenis dan sumber dalam jumlah yang besar guna menghasilkan aliran pengetahuan yang selanjutnya akan ditindaklanjuti (Kalivas dan Overly, 2015).

Berdasarkan beberapa pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa *big data* adalah sekumpulan data yang memiliki volume yang besar yang dianalisis

dengan bantuan teknologi untuk memberikan nilai tambah terhadap proses bisnis.

Big data memiliki 5 karakteristik utama yang dikenal dengan 5Vs yaitu *volume*, *velocity*, *variety*, *veracity* dan *value*.

1. *Volume* (jumlah data)

Volume dari *big data* mengacu pada besarnya data yang dihasilkan atau diperoleh. *Big data* memiliki jumlah data yang sangat besar sehingga dalam proses pengolahannya dibutuhkan suatu penyimpanan yang besar.

2. *Velocity* (kecepatan data)

Velocity mengacu pada peningkatan kecepatan di mana data ini dibuat, dan peningkatan kecepatan di mana data dapat diproses, disimpan, dan dianalisis oleh hubungan *database*.

3. *Variety* (keragaman data)

Variety mengacu pada bentuk format data yang beragam baik terstruktur maupun tidak terstruktur yang tergantung banyaknya sumber data.

4. *Veracity* (ketidakakuratan data)

Veracity mengacu pada sulitnya memastikan kebenaran suatu data akibat banyaknya data yang ada dan dari berbagai sumber.

5. *Value* (Nilai data)

Value mengacu pada kemampuan data dapat diolah menjadi sesuatu yang memiliki nilai.

Dengan perkembangan teknologi yang ada saat ini, dimungkinkan untuk menganalisis data yang ada dan mendapatkan jawaban dengan segera. Kemampuan untuk bekerja lebih cepat dan tetap tangkas memberi organisasi keunggulan kompetitif yang tidak mereka miliki sebelumnya. Pengambilan keputusan berbasis data telah menjadi salah satu kemampuan paling mendasar yang tidak hanya menghasilkan kinerja pendapatan yang kuat dan pengalaman pelanggan yang unggul tetapi juga mendorong inovasi dan

keunggulan kompetitif yang strategis (Nash & Hardoon, 2017). *Big data* yang dimanfaatkan secara optimal akan membuka peluang analitis yang belum pernah terjadi sebelumnya mengingat tersedianya sumber data baru. Pada era ini, semua data yang terkumpul digunakan untuk meningkatkan bisnis saat ini maupun dimasa mendatang. Sebagai akibatnya, baik perusahaan, pemerintah, dan organisasi nirlaba mengalami perubahan perilaku. Pergeseran perilaku ini menciptakan lingkaran yang baik, dimana data disimpan dan dari data tersebut, orang-orang ditugaskan untuk menemukan nilai yang terdapat di dalamnya yang berguna bagi kepentingan perusahaan.

Banyak sekali contoh disekitar kita yang menunjuk bagaimana *big data* dikelola dan dimanfaatkan untuk kepentingan bisnis. Setiap pencarian yang dilakukan seseorang di Google akan disimpan oleh Google dan akan dimanfaatkan oleh entitas bisnis lainnya untuk menawarkan produk mereka. Berbagai aplikasi yang ada di *smartphone* juga memungkinkan untuk menyimpan aktivitas pengguna *smartphone* terutama aktivitas yang berhubungan dengan jaringan internet. Aktivitas atau jejak digital tersebut dapat meliputi data produk atau layanan yang dicari/dipilih oleh pengguna hingga data lokasi dimana pengguna *smartphone* tersebut berada. Film dan program acara yang dipilih pengguna pada aplikasi Netflix atau Spotify, e-book yang dibeli melalui amazon.com dan lokasi yang teridentifikasi pada aplikasi berbasis GPS seperti Google Maps dan Waze akan disimpan dan dianalisis untuk dimanfaatkan lebih lanjut oleh para perusahaan pengguna data. Jika proses analisis terhadap *big data* dilakukan secara optimal, maka akan mendatangkan berbagai manfaat bagi perusahaan antara lain perusahaan akan memiliki metode-metode yang lebih inovatif dalam memanfaatkan data, menjadikan perusahaan memiliki data dengan volume yang tinggi, meningkatkan jumlah data yang dimiliki, meningkatkan

pengolahan data yang lebih presisi, memaksimalkan analisis terhadap data, mengurangi *Barrier to Entry*, dan pengurangan biaya yang selama ini dikeluarkan untuk mendapatkan data terutama data konsumen sebagaimana terlihat pada Gambar VI.1.



Gambar VI.1 Manfaat *Big Data*

Elemen yang penting dalam *Big Data* terdiri dari data, informasi, dan pengetahuan. antara lain:

1. Data (*Data*)

Data adalah hasil observasi langsung terhadap suatu kejadian, yang merupakan perlambangan yang mewakili objek atau konsep dalam dunia nyata. Menurut Ralston dan Reily (Chamidi, 2004: 314), data didefinisikan sebagai fakta atau apa yang dikatakan sebagai hasil dari suatu observasi terhadap fenomena alam.

2. Informasi (*Information*)

Dalam hubungannya dengan sistem informasi, informasi dapat kita definisikan sebagai kumpulan data yang terstruktur yang kita komunikasikan melalui bahasa lisan, surat kabar, video dan lain sebagainya yang bermanfaat dalam mengambil keputusan pada saat ini atau masa mendatang.

3. *Knowledge*

Pengetahuan adalah sesuatu yang digunakan manusia untuk memahami dunia, yang dapat diubah-ubah berdasarkan informasi yang diterima.

Hubungan antara ketiga elemen di atas dapat dijelaskan bahwa hasil data dari IoT dan sensor akan menghasilkan data dalam jumlah yang besar atau *big data*. Data tersebut merupakan hasil observasi langsung terhadap suatu kejadian dan merupakan entitas yang dilengkapi dengan nilai tertentu. Sementara itu, kumpulan data yang terstruktur atau telah diolah akan memperlihatkan hubungan entitas di atas sehingga menghasilkan informasi. Hasil informasi yang telah diproses tersebut akan menghasilkan suatu pemahaman dan pembelajaran serta merefleksikan pengalaman masa lampau akan menjadi suatu pengetahuan. Hasil dari pengetahuan yang diperoleh dapat digunakan untuk membuat suatu keputusan atau kebijakan.

VI.2 *Structured Data dan Unstructured Data*

Big data dapat datang dalam berbagai bentuk, termasuk data terstruktur (*structured data*) dan data tidak terstruktur (*unstructured data*). Menurut Dietrich, D.(2015), *structured data* adalah data data yang berisi tipe data, format, dan struktur yang didefinisikan seperti data pada *spread sheet* sederhana, data transaksi, OLAP, file CSV. Gambar VII.2 merupakan contoh data terstruktur, yaitu berupa data beban listrik yang terlayani oleh suatu perusahaan jasa penyedia

listrik dalam rentang per setengah jam setiap harinya selama satu bulan dengan satuan MW. Data menjelaskan pemakaian beban listrik yang terpakai pada kelompok siang hari dan malam hari serta rata-rata pemakaian beban setiap harinya.

Unstructured data adalah data yang tidak memiliki struktur yang melekat, yang dapat mencakup dokumen teks, PDF, gambar, dan video. Sebagian besar data yang ada pada *big data* adalah *unstructured data* sehingga butuh perlakuan lebih lanjut dan khusus dalam mengolahnya guna menghasilkan informasi yang lebih bernilai. Contoh *unstructured data* yang dihasilkan manusia adalah *text files, email, social media, website, mobile data*, komunikasi, media dan aplikasi bisnis. Contoh *unstructured data* yang dihasilkan mesin antara lain *satellite imagery, scientific data, digital surveillance* dan sensor data.

Tanggal	Hari	Jam														BP Siang	BP malam	Beban rata2	
		0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	...	...	...	22:00	22:30	23:00	23:30				0:00
01/01/2012	Minggu	975.0	947.2	935.1	883.0	863.1	861.0	860.6	...	...	...	1112.0	1051.5	1009.9	963.3	909.4	868.7	1185.5	903.5
02/01/2012	Senin	876.9	845.2	824.3	807.6	789.8	785.7	786.7	...	...	...	1256.4	1209.6	1165.8	1110.9	1079.1	1070.5	1338.9	1036.8
03/01/2012	Selasa	1019.2	997.2	978.8	961.9	950.3	938.7	914.6	...	...	...	1335.8	1238.6	1190.9	1154.4	1103.1	1159.4	1359.3	1118.6
04/01/2012	Rabu	1085.6	1060.6	1029.7	1017.6	995.4	997.4	983.5	...	...	...	1329.6	1272.4	1226.9	1191.3	1136.5	1189.7	1434.1	1156.9
05/01/2012	Kamis	1089.1	1059.3	1047.8	1012.5	1008.9	963.4	957.9	...	...	...	1273.8	1225.3	1143.8	1130.0	1078.6	1195.9	1348.7	1142.9
...
...
...
27/12/2012	Sabtu	1307.6	1266.1	1235.9	1209.0	1191.0	1172.9	1069.7	...	...	...	1512.0	1469.6	1427.8	1368.0	1341.4	1270.3	1486.9	1242.9
28/12/2012	Minggu	1300.9	1265.2	1231.4	1209.3	1182.5	1180.9	1181.3	...	...	...	1577.5	1496.2	1445.5	1407.1	1366.6	1279.4	1477.0	1241.3
29/12/2012	Senin	1316.9	1274.6	1248.5	1247.6	1227.7	1188.4	1186.7	...	...	...	1581.7	1536.2	1494.3	1434.1	1380.7	1210.7	1456.1	1189.7
30/12/2012	Selasa	1325.1	1281.5	1258.8	1231.6	1220.2	1206.9	1181.6	...	...	...	1559.6	1497.1	1331.6	1386.4	1335.6	1071.0	1362.5	1085.2
31/12/2012	Rabu	1290.9	1223.3	1219.5	1189.7	1177.7	1162.0	1141.8	...	...	...	1389.6	1360.6	1320.7	1282.4	1252.3	1078.0	1350.4	1074.6

Gambar VI.2 Contoh Data Terstruktur

Tren data pada Gambar VII.3 menunjukkan bahwa pada tahun 2020, lebih dari 80% data merupakan data tidak terstruktur.



Gambar VI.3 Perkembangan Data
Sumber: Sharma

VI.3 Historian Data, Real Time Database dan Data Lake

Sesuai dengan karakteristiknya, *big data* memiliki berbagai keragaman termasuk jika dikaitkan dengan identitas waktu saat data tersebut didapatkan dan dimanfaatkan.

VI.3.1 Data Historis

Data historis adalah data yang tersimpan dari waktu ke waktu untuk menggambarkan suatu perkembangan atau kecendrungan suatu kejadian. Data historis banyak digunakan pada berbagai industri, minyak dan gas, manufaktur, dan segala jenis rekayasa proses. Data tersebut, khususnya di industri manufaktur dirancang untuk mengukur proses produksi tertentu, seperti: total cacat untuk perubahan tertentu, getaran kipas motor pada jalur produksi, tingkat pH untuk instalasi pengolahan air, dan lain-lain. Data historis adalah cara yang efisien untuk mengumpulkan dan menyimpan data deret waktu (*time series*). Data historis juga dapat berasal dari jalur produksi, rute transportasi, perangkat jaringan, satelit, dan perangkat lainnya. Data disimpan dengan cap waktu dan informasi

identitas lainnya seperti ID perangkat dan lokasi. Informasi data tersebut dapat digunakan secara *real-time* atau disimpan untuk analisis *offline*. Data historis memiliki kelemahan dalam beberapa kasus, data ini tidak pernah digunakan oleh staf operasi dan pemeliharaan karena pengolahannya membutuhkan keterampilan dan perangkat lunak khusus yang menjadikannya mahal dan sulit untuk dibobol. Kelemahan lain dari data historis adalah lisensi perangkat lunak dan biaya yang besar untuk mendapatkan semua jumlah data yang dibutuhkan. Kemudian teknologi data historis yang tidak berubah selama beberapa dekade terakhir yang berarti sulit untuk mengintegrasikan data ini ke dalam aplikasi berbasis web modern.

VI.3.2 Realtime Database

Database merupakan kumpulan data berupa file, arsip, atau tabel yang tersusun sedemikian rupa menurut aturan tertentu, saling terhubung dan tersimpan dalam media elektronik yang mana pengguna mudah dalam mengelolanya serta mudah dalam mendapatkan informasi. *Real-time Database* adalah sistem pengolahan yang pemrosesannya menggunakan waktu nyata dan dirancang untuk menangani beban kerja dimana kondisinya dapat berubah terus-menerus (Bunchmann, 2005), berbeda dengan *database* tradisional yang mengandung data yang terus-menerus, sebagian besar tidak terpengaruh oleh waktu. Sebagai contoh, pasar saham berubah dengan cepat dan dinamis. *Real-time database* yang berguna untuk akuntansi, perbankan, hukum, catatan medis, multi-media, kontrol proses, sistem reservasi, dan analisis data ilmiah.

VI.3.3 Data Lake

Data lake (danau data) adalah gudang penyimpanan yang menyimpan sejumlah besar data mentah dalam format aslinya, termasuk data terstruktur, semi-

terstruktur, dan tidak terstruktur. Tujuan paling sederhana dari *data lake* adalah menggunakan setiap data yang dihasilkan oleh suatu organisasi untuk memberikan wawasan yang berharga dengan rincian lebih dalam (Khine dan Wang, 2018). Sekarang ini, konsep *data lake* sedang mencoba untuk menantang gudang data tradisional yang andal guna menyimpan data kompleks yang heterogen. Konsep *data lake* adalah mengkonsolidasikan semua set jenis data apapun yang terdapat pada suatu organisasi guna dapat dianalisis dan diintegrasikan menjadi data baru sehingga memberikan fleksibilitas, skalabilitas dan ketangkasan yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk mengelola volume, jenis, dan ketersediaan data waktu nyata yang dihasilkan saat ini. Dengan kata lain, data yang terdapat dalam data lake adalah data mentah yang belum diproses atau dianalisis. *Data lake* dicirikan oleh tiga atribut utama, kumpulkan semuanya (*collecting everything*), menyelam di mana saja (*dive in anywhere*), dan akses fleksibel (*flexible access*).

Data lake sangat penting karena komponen-komponennya menyediakan berbagai fungsi yang membantu perusahaan untuk mendapatkan lebih banyak konsumen, meningkatkan produktivitas, dan membuat keputusan. Semuanya berkontribusi untuk meningkatkan pertumbuhan bisnis dengan pesat. Keuntungan tersebut dapat diperoleh melalui cara kerja berikut:

a. Mengindeks data

Jenis data dan *database* disimpan, termasuk diantaranya data operasional, data dari aplikasi bisnis, atau data yang bersifat non-relasional seperti data yang diperoleh dari aplikasi *mobile* dan media sosial. Meskipun ini merupakan data mentah, kita bisa memahami isi data dengan adanya katalog, *crawling*, dan indeks data.

b. *Machine learning*

Perusahaan dapat memperoleh gambaran operasional dan marketing melalui data yang diperoleh dari data lake. Data-data ini menggambarkan tren serta pola perilaku konsumen. Kemudian, perusahaan dapat menerapkan *machine learning* untuk membuat model prediksi dan perkiraan dari data-data tersebut.

c. Mengembangkan interaksi dengan konsumen

Datalake mampu menggabungkan data konsumen dari *platform* CRM dengan hasil analisis media sosial. Penggabungan tersebut juga dapat dilakukan dengan *platform marketing* yang menggambarkan riwayat pembelian konsumen. Hal ini berguna agar perusahaan dapat mengidentifikasi mana konsumen yang paling menguntungkan, apa yang melatarbelakangi pola perilaku konsumen, serta *reward* seperti apa yang dapat meningkatkan kesetiaan konsumen.

d. Analisis

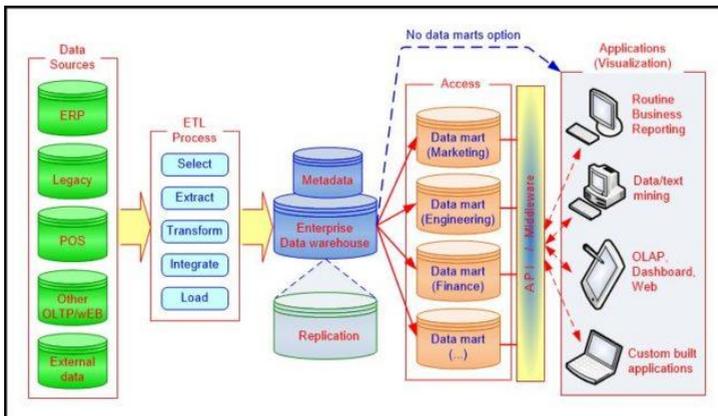
Keberadaan *data lake* memungkinkan para *data scientist*, pengembang data, serta siapa pun yang bergelut dalam bidang terkait untuk mengakses data sesuai kerangka dan perangkat analisis yang mereka miliki. Hal ini dapat dilakukan analisis tanpa perlu memindahkan data dari satu sistem ke sistem yang lain.

Data lake adalah fondasi utama yang dibutuhkan oleh alat analisis untuk proses analisisnya. *Data lake* merupakan tempat penyimpanan utama dari *big data* yang dikumpulkan. Akurasi dalam pengambilan keputusan hanya bisa diperoleh ketika organisasi memiliki fondasi yang kuat dengan *data lake* berkualitas tinggi.

VI.4 Data Warehouse, Data Mart, dan Data Mining

VI.4.1 Data Warehouse

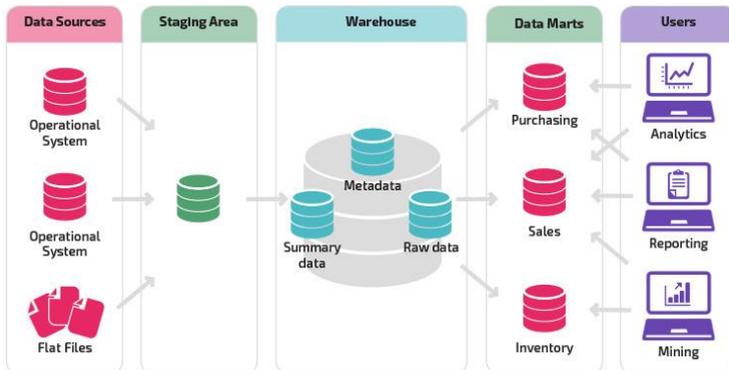
William H. Inmon yang terdapat pada buku *Data Mining : concepts and techniques* karangan Han, Pei, & Kamber (2011) menjelaskan bahwa *data warehouse* merupakan kumpulan dari data yang berorientasi subjek, terintegrasi, *non-volatile*, dan mempunyai variasi waktu untuk mendukung pengambilan keputusan manajemen. *Data warehouse* adalah gudang pusat besar untuk semua data historis organisasi yang disimpan dari perspektif sejarah. Data ini dikumpulkan dari berbagai departemen dan unit perusahaan. Ada empat tugas yang bisa dilakukan dengan adanya *data warehouse*, yaitu pembuatan laporan, *On-Line Analytical Processing (OLAP)*, *data mining*, dan proses informasi eksekutif. *Data warehouse* memiliki beberapa karakteristik yaitu: *Subject Oriented* (Berorientasi subjek), *Integrated* (Terintegrasi), *Time-variant* (Rentang Waktu), dan *Non-Volatile*. Gambar VII.4. merupakan kerangka konseptual *data warehouse* yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan, bukan untuk melaksanakan pemrosesan transaksi.



Gambar VI.4 Kerangka Konseptual *Data Warehouse*
Sumber: Aryuni, M. (2016)

VI.4.2 Data Mart

Data mart adalah subset dari *data warehouse* yang berorientasi pada lini bisnis tertentu. *Data mart* berisi repositori dari data yang dirangkum yang dikumpulkan untuk menganalisis pada bagian atau unit tertentu dalam suatu organisasi, misalnya, departemen penjualan. Beberapa implementasi *data warehouse*, *data mart* adalah miniatur *data warehouse*. *Data mart* sering digunakan untuk memberikan informasi kepada segmen fungsional organisasi. Contoh umum *data mart* adalah untuk departemen penjualan, departemen persediaan dan pengiriman, departemen keuangan, manajemen tingkat atas, dan seterusnya. *Data mart* juga dapat digunakan sebagai gudang segmen data untuk mencerminkan letak bisnis secara geografis di mana masing-masing daerah relatif otonom. Sebagai contoh, sebuah organisasi layanan yang besar mungkin memperlakukan pusat operasi regional sebagai unit usaha perorangan, masing-masing unit memiliki *data mart* yang akan memberikan kontribusi pada master gudang data.



Gambar VI.5 Contoh Penggunaan *Data Mart*
Sumber : <https://panoply.io/data-warehouse-guide/data-mart-vs-data-warehouse/>

Gambar VII.5 merupakan contoh penggunaan *data mart* yang dikumpulkan dari beberapa sumber data dan dianggap sebagai bagian dari *data warehouse*. *Data mart* adalah gudang data yang dimaksudkan untuk melayani komunitas tertentu dan dirancang untuk memenuhi kebutuhan kelompok pengguna tertentu karena *data mart* dioptimalkan untuk melihat data dengan cara yang unik, proses desain cenderung dimulai dengan analisis kebutuhan pengguna. *Data mart* biasanya dikendalikan oleh satu departemen organisasi seperti penjualan, keuangan, dll.

VI.4.3 Data Mining

Data mining merupakan salah satu cabang ilmu komputer yang relatif baru dan telah banyak diaplikasikan dalam bidang bisnis maupun sains. Pada dasarnya *data mining* merupakan kombinasi metode analisis data dengan algoritma untuk memproses data yang berukuran besar. Hasilnya akan ditemukan pola atau model baru yang bermanfaat dan mudah dimengerti sehingga didapatkan pengetahuan baru yang dapat dijadikan referensi untuk membuat sistem keputusan bagi para pelaku penggunaannya. Menurut Bill Palace (1996) yang terdapat pada penelitian Koo dkk. (2014) menyatakan bahwa *data mining* adalah proses menganalisis data dari perspektif yang berbeda dan meringkasnya menjadi informasi yang berguna. Istilah lain *data mining* dikemukakan oleh Han & Kamber (2011) adalah *Knowledge Discovery from Data* (KDD). *Data mining* juga merupakan proses untuk menggali pengetahuan dan informasi baru dari data yang berjumlah banyak pada *data warehouse*, dengan menggunakan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), statistik dan matematika. *Data mining* merupakan teknologi yang diharapkan dapat menjembatani komunikasi antara data dan pemakainya. Tahapan *data mining* adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan data (*Data cleaning*), yaitu tahap dilakukan pengisian nilai-nilai yang hilang, mengidentifikasi atau membuang *outlier*, dan menyelesaikan data yang tidak konsisten. Tahap ini penting dilakukan karena data yang "kotor" dapat menghasilkan keluaran yang tidak benar atau tidak bisa diandalkan kebenarannya.
2. Integrasi Data (*Data integration*), yaitu tahap apabila pengguna ingin menggabungkan data dari beberapa sumber. Proses penggabungan data tidak mudah karena dalam melakukannya bisa terjadi permasalahan baru, seperti : adanya atribut memiliki nama yang berbeda pada *database* yang menyebabkan inkonsistensi dan redundansi data. Konsep *data integration* bisa dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut.
3. Seleksi Data (*Data selection*), yaitu tahap dilakukannya proses pemilihan data yang cocok terhadap proses penemuan pengetahuan yang akan dilakukan.
4. Transformasi Data (*Data transformation*), yaitu tahap proses mengubah data agar sesuai karakteristiknya dengan data yang diperlukan untuk proses penggalian data.
5. Penggalian Data (*Data mining*), yaitu tahap proses ekstraksi data sehingga menemukan suatu pola dari data tersebut.
6. Evaluasi Pola (*Pattern evaluation*), yaitu tahap proses evaluasi terhadap pola yang merepresentasikan pengetahuan.
7. Representasi pengetahuan (*Knowledge representation*), yaitu tahap untuk menampilkan pengetahuan yang telah dihasilkan dalam berbagai bentuk visual. Bentuk visual bertujuan agar representasi pengetahuan tersebut mudah dipahami.

Data *mining* sangat penting digunakan dalam berbisnis, kegiatan ilmiah dalam bidang tertentu, atau kegiatan-

kegiatan lainnya yang menghasilkan data dalam jumlah sangat besar. Hal ini ditunjang dengan peningkatan pemakaian komputer, kemampuan komputer, pemakaian teknologi internet dan transaksi online. Banyak keputusan bisnis dipengaruhi dari hasil pengolahan data. Dalam bidang kesehatan, pertanian atau biologi juga sering diterapkan teknik-teknik untuk memprediksi jenis kanker, memisahkan apel yang bagus, atau mengelompokkan gen misalnya. Dalam contoh diatas, jelaslah bahwa *data mining* tidak terbatas dipakai untuk keperluan bisnis. Bidang lain seperti astronomi, meteorologi, mikrobiologi, manufaktur adalah contoh dimana *data mining* diterapkan.

Bagi perusahaan besar yang memerlukan informasi dari data yang dimilikinya, dibutuhkan suatu cara pengolahan data secara lebih cepat dan lebih bisa dipercaya dengan adanya jumlah data yang semakin besar. *Data mining* melibatkan penggunaan metode atau *tool* untuk mendeteksi pola dan melakukan tugas prediksi. Ketepatan prediksi inilah memberikan keuntungan yang diharapkan dalam bisnis. Walaupun sulit didapatkan prediksi yang sempurna, akan tetapi prediksi yang cukup bagus pun sudah bisa digunakan untuk meningkatkan profit bagi perusahaan. Sebagai contoh retail bisa membuat segmentasi konsumennya berdasarkan beberapa informasi yang dimiliki perusahaan. Segmentasi ini bisa digunakan oleh perusahaan untuk melakukan penawaran produknya agar tepat sasaran. Sudah seharusnya perusahaan mengirim tawarannya hanya ke calon *customer* yang potensial, tidak semua kostumernya ditawarkan. Perusahaan perbankan bisa menggunakan *customer relationship management* (CRM) untuk memperkirakan *value* dari kostumer tertentu ataupun memprediksi tentang kemungkinan apakah peminjam kreditnya akan membayar tepat waktu. Dalam hal ini, CRM akan mempergunakan teknik *data mining* untuk melakukan

tugas-tugas prediksi tadi. Perusahaan asuransi juga bisa menggunakan teknik data mining untuk melakukan deteksi pemalsuan klaim.

VI.4.3.1 Tugas Data Mining

Tugas-tugas yang bisa dilakukan *data mining* secara umum menurut Santosa dan Umam (2018) ada 4 (empat) yaitu klastering, klasifikasi, regresi/estimasi dan asosiasi.

1. Klastering

Mengelompokkan obyek kedalam beberapa kelompok berdasarkan kemiripan antar obyek, dimana dalam satu klaster harus berisi obyek yang saling mirip dan antar klaster obyek saling tidak mirip. Klastering ini tidak memerlukan data pelatihan yang sudah diberi label.

2. Klasifikasi

Melakukan pengelompokan obyek berdasarkan kelompok yang sudah ada. Berbeda dengan klastering, klasifikasi ini memerlukan data pelatihan yang sudah diberi label kelompok/kelas. Prediksi pengelompokan dilakukan dengan membangun model terlebih dahulu melalui proses pelatihan menggunakan data yang sudah kita siapkan. Setelah model terbentuk dari proses pelatihan, data baru bisa dikelompokkan menggunakan model tersebut.

3. Regresi/estimasi

Regresi pada dasarnya mirip dengan klasifikasi, yakni memerlukan data pelatihan yang sudah diberi label. Bedanya, output klasifikasi adalah nilai diskrit, sedangkan output regresi adalah nilai kontinyu. Regresi ini mencari hubungan antara atribut *predictor* dan atribut dependen, dimana atribut dependennya juga berupa nilai kontinyu. Contoh regresi adalah memprediksi nilai kurs rupiah terhadap dolar.

4. Asosiasi

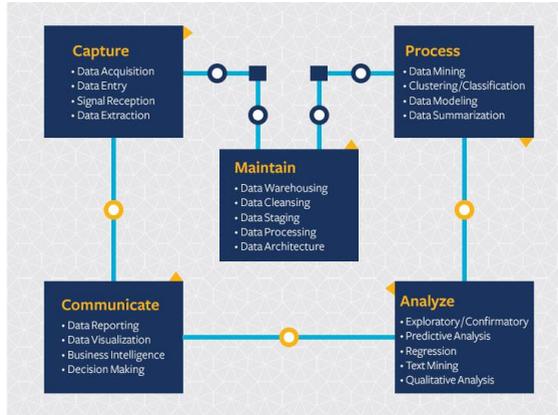
Melakukan asosiasi antar obyek dalam satu set data, biasanya data transaksional. Asosiasi dilakukan dengan menghitung berapa kali dalam suatu set transaksi yang

mengandung dua item atau lebih yang berhubungan. Sering ada yang menyebut *Market Basket Analysis*.

VI.5 Data Science

Menurut Kotu & Deshpande (2019), *data science* adalah kumpulan teknik yang digunakan untuk mengekstraksi nilai dari data. Ilmu ini sangat penting bagi organisasi mana pun yang mengumpulkan, menyimpan, dan memproses data sebagai bagian dari operasinya. Teknik ilmu data (*Data science*) bergantung pada menemukan pola, koneksi, dan hubungan yang berguna dalam data. Ilmu data juga biasa disebut sebagai penemuan pengetahuan, pembelajaran mesin, analisis prediktif, dan penambangan data. Namun, setiap istilah memiliki konotasi yang sedikit berbeda tergantung pada konteksnya. Beberapa teknik yang digunakan dalam *data science* ditelusuri menggunakan statistik terapan, pembelajaran mesin, visualisasi, logika, dan ilmu komputer. Secara umum, *data science* adalah penggalian atau bisa juga disebut mengekstrak data agar dapat difilter serta didapatkan data yang benar untuk menghasilkan produk data yang sebenarnya. *Data science* berfokus pada pemanfaatan data untuk prediksi, eksplorasi, pemahaman, dan intervensi. studi ini juga memberikan prioritas kepada pengetahuan tentang algoritma optimasi dengan mengelola *trade-off* yang diperlukan antara kecepatan dan akurasi. *Data science* mengacu pada bidang pekerjaan yang terkait dengan pengumpulan, persiapan, analisis, visualisasi, manajemen, dan pelestarian koleksi informasi yang besar. Meskipun *data science* cenderung terhubung dengan *database* dan ilmu komputer, namun dibutuhkan juga keterampilan lain seperti keterampilan non-matematika. Gambar

VII.6. mewakili lima tahap siklus hidup *data science*.



Gambar VI.6 Siklus Hidup *Data Science*

Sumber :

<https://datascience.berkeley.edu/about/what-is-data-science/>

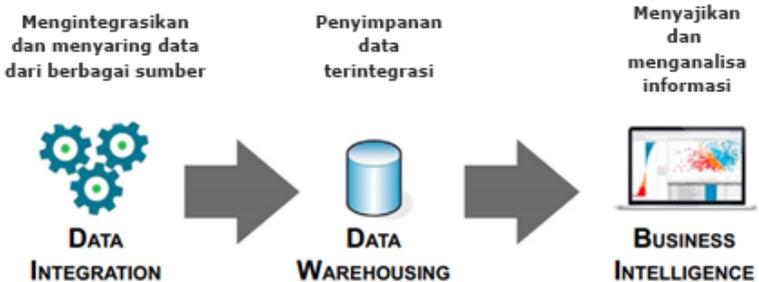
Secara tradisional, data sekarang ini sebagian besar terstruktur dan berukuran kecil, yang dapat dianalisis dengan menggunakan alat *Business Intelligence* (BI) sederhana. Tidak seperti data dalam sistem tradisional yang sebagian besar terstruktur, saat ini sebagian besar data tidak terstruktur atau semi-terstruktur.

VI.6 *Business Intelligence, Data Visualization, dan Intelligent Dashboard*

VI.6.1 *Business Intelligence*

Business intelligence (BI) dapat didefinisikan sebagai seperangkat model matematika dan metode analisis dalam mengeksploitasi data yang tersedia guna menghasilkan informasi dan pengetahuan yang berguna untuk proses pengambilan keputusan yang kompleks (Vercelis, 2009). Begitu juga menurut Bentley (2017) yang menyatakan bahwa *Business Intelligence* (BI) digambarkan sebagai seperangkat

teknik dan alat untuk akuisisi dan transformasi data mentah menjadi informasi yang bermakna dan berguna untuk keperluan analisis bisnis. Teknologi BI memberikan pandangan historis, terkini, dan prediksi pada operasi bisnis. Fungsi umum dari teknologi BI adalah pelaporan, pemrosesan analitik secara online, penambangan data, penambangan proses, pemrosesan peristiwa kompleks, manajemen kinerja bisnis, perbandingan, penambangan teks, analitik prediktif, dan analitik preskriptif. BI dapat digunakan untuk mendukung berbagai keputusan bisnis mulai dari operasional hingga strategis. Keputusan pengoperasian dasar mencakup penentuan posisi atau harga produk. Keputusan bisnis yang strategis mencakup prioritas, sasaran, dan arahan pada tingkat terluas. Dalam semua kasus, BI paling efektif ketika menggabungkan data yang berasal dari pasar di mana perusahaan beroperasi (data eksternal) dengan data dari sumber-sumber internal perusahaan ke bisnis seperti data keuangan dan operasi (data internal). Ketika digabungkan, data eksternal dan internal dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap yang pada dasarnya, menciptakan "kecerdasan" yang tidak dapat diturunkan oleh set data tunggal. Di antara banyak kegunaan, alat BI memberdayakan organisasi untuk mendapatkan wawasan tentang pasar baru, menilai permintaan dan kesesuaian produk dan layanan untuk segmen pasar yang berbeda dan mengukur dampak upaya pemasaran.



Gambar VI.7 Proses Kerja BI, DW, dan DI
 Sumber: Sherman, R. (2014)

Integrasi data (*data integration*) adalah fondasi *data warehouse* (DW), dan DW sendiri merupakan fondasi BI. BI sebenarnya meliputi beberapa aplikasi yang diintegrasikan dan dikustomisasi sesuai dengan kebutuhan. Aplikasi-aplikasi ini bekerja dengan cara mengumpulkan data yang dimiliki perusahaan dalam sebuah DW. Program BI harus mendukung strategi bisnis perusahaan seperti yang terlihat pada Gambar VI.7. Dapat disimpulkan bahwa BI mempunyai tiga tujuan utama. Pertama, memberikan informasi yang cepat dan akurat sehingga membantu proses pengambilan keputusan yang lebih baik. Kedua, membuat data perusahaan menjadi informasi yang bisa ditindaklanjuti. Dan ketiga, menjadikan proses pengambilan keputusan lebih transparan.

VI.6.2 Data Visualization

Penelitian menunjukkan bahwa salah satu cara paling mendasar untuk membantu dalam mengatasi kelebihan informasi adalah dengan cara memvisualisasikannya. Dengan memetakan data secara visual, tidak hanya lebih mudah untuk mencerna dan memahami informasi penting, akan tetapi juga akan lebih mudah untuk menemukan kunci dari suatu pola, tren yang signifikan, dan korelasi kuat yang mungkin sulit untuk diungkapkan. Visualisasi data adalah metode grafis atau visual penyajian data. Teknik visualisasi data akan

mengeksploitasi fakta dengan mengubah semua data menjadi gambar dengan menghadirkan data dalam format gambar atau grafik. Hal ini dapat memudahkan pembuat keputusan untuk mengambil data dalam jumlah besar dengan pandangan sekilas untuk "melihat" apa yang sedang terjadi dalam sebuah data. Fitur yang menentukan visualisasi *Big data* adalah skala.

VI.6.3 Business Intelligence Dashboard

BI Dashboard adalah alat visualisasi data yang menampilkan matrik dan indikator kinerja utama/*Key Performance Index* (KPI) dalam sebuah organisasi. *BI Dashboard* mampu menggabungkan dan mengelola angka serta *Performance Scorecard* dalam satu layar. Kelebihan dari *BI Dashboard* adalah memiliki antarmuka yang dapat disesuaikan dan kemampuan untuk menarik data secara *real time* dari berbagai sumber (Setiawan, dkk., 2013). Tujuan *BI dashboard* adalah untuk membantu pengguna bisnis membuat keputusan dengan informasi yang lebih baik dengan mengumpulkan, mengkonsolidasikan, dan menganalisis data serta memvisualisasikannya dengan cara yang bermakna. Beberapa manfaat penggunaan *BI dashboard* adalah sebagai berikut:

a. Identifikasi tren

BI dashboard secara dinamis memberdayakan bisnis lintas sektor untuk mengidentifikasi dan menganalisis tren positif terkait dengan banyak kegiatan bisnis sambil mengisolasi dan mengoreksi tren negatif guna meningkatkan efisiensi organisasi.

b. Peningkatan efisiensi

Untuk hasil terbaik, pengambilan keputusan harus didasarkan pada data yang tepat. *Dashboard* analitik bisnis meningkatkan efisiensi dengan menyajikan data *real-time* yang relevan, memungkinkan dalam pembuatan keputusan yang tepat dan akurat sehingga menjadi katalisator kesuksesan bisnis.

c. Alat swalayan

BI *dashboard* menawarkan akses ke seluruh perusahaan melalui wawasan yang didorong oleh data yang sangat berharga dan dapat dibagikan dengan cepat, memberikan tingkat kelincahan serta mobilitas yang tidak bisa ditandingi oleh proses data tradisional.

d. Kebebasan & fleksibilitas

Sifat perangkat lunak BI *dashboard* yang terpusat dan sepenuhnya portabel memungkinkan untuk mengakses dan menganalisis wawasan bisnis yang tak ternilai dari banyak perangkat di mana pun berada. Tingkat kebebasan dan fleksibilitas tersebut meningkatkan produktivitas dan kecerdasan bisnis secara konsisten yang merupakan salah satu unsur utama kesuksesan.

VI.7 Advanced Analytics (Algorithm, Regression, Decision Trees, Time Series Analysis)

Advanced analytics adalah pemeriksaan data atau konten yang otonom atau semi-otonom menggunakan teknik dan alat-alat canggih, biasanya di luar kecerdasan bisnis tradisional guna menemukan wawasan yang lebih dalam, membuat prediksi, atau menghasilkan rekomendasi. Teknik *advanced analytics* termasuk penambahan data/teks, pembelajaran mesin, pencocokan pola, perkiraan, visualisasi, analisis semantik, analisis sentimen, analisis jaringan dan kluster, statistik multivariat, analisis grafik, simulasi, pemrosesan peristiwa kompleks, jaringan saraf. *Advanced analytics* adalah bagian dari *data science* yang menggunakan metode dan alat-alat tingkat tinggi agar fokus pada proyeksi tren, peristiwa, dan perilaku masa depan dan memberikan kemampuan bagi organisasi untuk menggunakan model statistik lanjut seperti perhitungan "*what-if*". Area utama *advanced analytics* adalah analisis data prediktif, *big data* dan *data mining* (sisense.com, akses 2019). Analitik ini menggunakan teknik pemodelan canggih untuk memprediksi peristiwa masa depan atau menemukan pola yang tidak dapat dideteksi sebaliknya. Dengan

analitik lebih lanjut, maka dapat menjawab pertanyaan "mengapa ini terjadi", "bagaimana jika tren ini berlanjut", "apa yang akan terjadi selanjutnya (prediksi)", "apa yang terbaik yang bisa terjadi (optimisasi)".

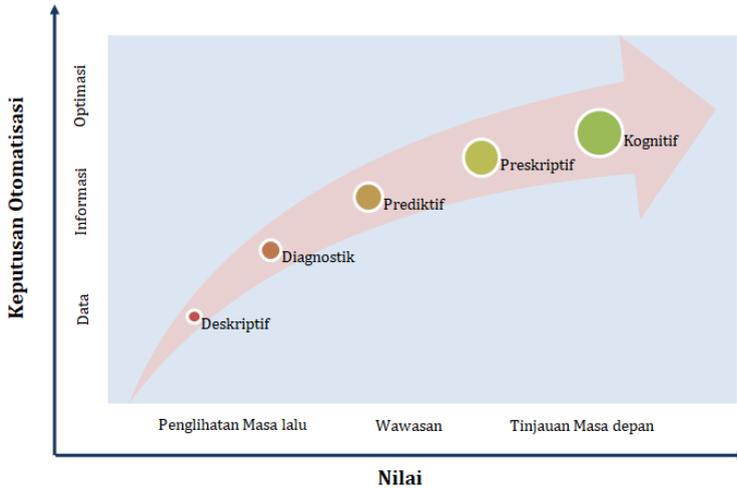
Tabel VI.1 Perbandingan *Business Intelligence* dan *Advanced Analytics*

	<i>Business Intelligence (BI)</i>	<i>Advanced Analytics</i>
Orientasi	Mengukur kinerja masa lalu	Memprediksi masa depan
Tipe pertanyaan	Apa yang terjadi, kapan, siapa, berapa banyak	Apa yang akan terjadi? Apa yang akan terjadi jika kita mengubah sesuatu? Apa berikutnya?
Metode	Pelaporan (KPI, matriks) Pemantauan otomatis/pengingat Dasbor Kartu skor (<i>scorecards</i>) OLAP <i>Ad hoc query</i>	Model prediktif <i>Data Mining</i> <i>Text mining</i> Multimedia mining Model deskriptif Analisis Statistik/kuantitatif Simulasi & Optimasi
Big Data	Ya	Ya
Tipe Data	Terstruktur, beberapa tidak terstruktur	Terstruktur dan tidak terstruktur
Generasi Pengetahuan	Manual	Otomatis
Pengguna	Pengguna bisnis	Ilmuwan data, analis bisnis, IT, Pengguna bisnis
Inisiatif Bisnis	Reaktif	Proaktif

Advanced analytics sangat penting karena dibutuhkan terutama pada analitik prediktif guna dapat membantu mengungkap masa depan dan mengoptimalkan operasi karena aplikasi *business intelligence* yang banyak digunakan oleh perusahaan belum dapat menyentuh data yang berpotensi besar untuk meningkatkan aset perusahaan tersebut. *Advanced analytics* juga dapat digunakan perusahaan untuk mengimbangi persaingan.

VI.8 Tingkatan Analisis

Sebagian besar organisasi menganalisis rantai pasokan mereka menggunakan laporan dan indikator kinerja utama (KPI) untuk menentukan apa yang terjadi. Bentuk dasar analisis rantai pasokan ini dikenal sebagai Analisis Deskriptif. Banyak organisasi telah menggunakan *data warehouse* dan sistem intelijen bisnis (BI) sebagai alat untuk mendiagnosis "apa yang terjadi" dan "mengapa". Pengguna analitik yang lebih matang dan maju telah berupaya untuk mengubah data menjadi wawasan prediktif dan preskriptif. Seiring waktu, perusahaan berevolusi dari menggunakan laporan dan metrik berwawasan ke belakang ke kemampuan pengambilan keputusan berwawasan ke depan yang menyarankan rencana tindakan yang optimal dan menambah nilai lebih signifikan.



Gambar VI.8 Tingkatan Analisis

Bagi produsen membuka kunci potensi data lama, *data real time*, dan data tidak terstruktur untuk membuat keputusan digunakan menyeimbangkan kualitas dan hasil pada era Industri 4.0. sangatlah penting. Rata-rata situs yang berjalan lebih dari seratus aplikasi perangkat lunak, memiliki tantangan yang luar biasa untuk membuat data tersebut dapat diakses dan ditindaklanjuti (*actionable*). Manufaktur kognitif menyatukan jutaan titik data di seluruh sistem, peralatan, dan proses untuk mendapatkan wawasan (*insight*) yang bisa ditindaklanjuti (*actionable*) di seluruh rantai nilai, dimulai dari desain produk hingga operasi hingga *customer support*. Manufaktur kognitif menemukan pola dan menjawab pertanyaan di seluruh pabrik tentang pengguna, peralatan, lokasi, streaming data sensor dan sebagainya. Tahapan menuju manufaktur kognitif dengan menggunakan AI dapat dilihat pada Gambar VII. Guna mendukung semua tingkat analisis pada industri maka diperlukan lima kemampuan, yaitu pertama, kemampuan deskriptif dalam bentuk Laporan & *Dashboard*, *Clustering* &

Association, Pattern Based Analysis. Kedua, kemampuan diagnostik seperti analisis akar permasalahan, simulasi, analisis *what-if*, dan segmentasi. Ketiga, kemampuan prediktif, seperti simulasi, skenario *what-if*, kurva sensitivitas, dan perkiraan statistik. Keempat, kemampuan preskriptif berupa optimasi deterministik dan stochastic, dan *tradeoffs*. Terakhir, kemampuan kognitif, seperti pembelajaran mesin, resolusi otomatis, kecerdasan buatan, dan penasihat cerdas.

Daftar Pustaka:

1. Aryuni, M. 2016. <https://sis.binus.ac.id>.(2016, 15 Desember). Kerangka Konseptual Data Warehouse. Diakses pada 20 September 2019, dari <https://sis.Binus.ac.id/2016/12/15/Kerangka-Konseptual-Data-Warehouse/>
2. Buchmann. 2005, A. "Real Time Database Systems." Encyclopedia of Database Technologies and Applications. Ed. Laura C. Rivero, Jorge H. Doorn, and Viviana E. Ferraggine. Idea Group
3. Cholissodin, I., Riyandani, E., 2016, Analisis *Big data*, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang.
4. Dietrich, D. (Ed.).2015. *Data science &Big data analytics: discovering, analyzing, visualizing and presenting data*. Wiley)
5. Han, J., Pei, J., & Kamber, M. 2011. *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.
6. <https://datascience.berkeley.edu/about/what-is-data-science/>
7. Hurwitz, J. S., Nugent, A., Halper, F., & Kaufman, M. 2013. *Big data for dummies*. John Wiley & Sons.
8. Kalyvas, J. R., & Overly, M. R. 2014. *Big data: A business and legal guide*. CRC Press.
9. Khine, P. P., & Wang, Z. S. 2018. Data lake: a new ideology in *Big data* era. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 17, p. 03025). EDP Sciences.

10. Koo, B. G., Lee, H. S., & Park, J. 2014. A Study on Short-Term Electric Load Forecasting using Wavelet Transform. In *Innovative Smart GridTechnologies ConferenceEurope (ISGT-Europe), 2014 IEEE PES* (pp. 1-6). IEEE.
11. Kotu, V., & Deshpande, B. 2019. *Predictive analytics and data mining: concepts and practice*. Elsevier.
12. Loshin, D. 2013. *Big data analytics: from strategic planning to enterprise integration with tools, techniques, NoSQL, and graph*. Elsevier.
13. Permana, Y. 2016. www.codepolitan.com. (2016, 29 Mei). Diakses pada 20 September 2019, dari <https://www.codepolitan.com/mengenal-big-data>.
14. Santosa dan Umam, 2018, *Data Mining dan Big data Analytics*, Yogyakarta: Media Pustaka.
15. Setiawan, D. Y., Hendrawan, R. A., & Tyasnurita, R. 2013. Perancangan Business Intelligence Dashboard Berbasis Web Untuk Pemantauan Tingkat Keberhasilan Pambangunan Ketenagakerjaan (Studi Kasus: Provinsi Jawa Timur). *proc. Jurnal POMITS*, 2(1), 1-6.
16. Sharma, H. 2019. www.edureka.co. (2019, Jun 20). Diakses pada 20 September 2019, dari <https://www.edureka.co/blog/what-is-data-science/>
17. Sherman, R. 2014. *Business intelligence guidebook: From data integration to analytics*. Newnes.
18. Shi-Nash, A., & Hardoon, D. R. 2017. Data analytics and predictive analytics in the era of *Big Data*. *Internet of Things and Data Analytics Handboosk*, 329-345.

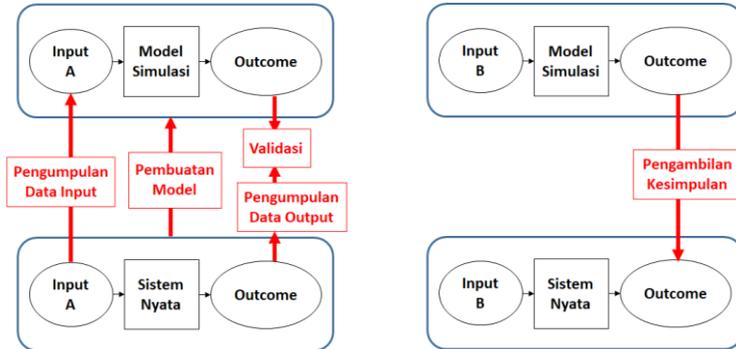
BAB VII SIMULASI

Capaian Pembelajaran :
Mampu memahami pengetahuan tentang simulasi mengenai:

- 1. Pengertian Simulasi**
- 2. Jenis-Jenis Simulasi**
- 3. Simulasi dalam Industri 4.0**
- 4. *Digital Twin***

VII.1 Pengertian dan Tujuan Simulasi

Simulasi (*simulation*) merupakan sekumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku dari suatu sistem nyata. Simulasi dilakukan saat hubungan variabel yang ada pada suatu sistem sangat rumit. Simulasi pada umumnya dilakukan menggunakan bantuan komputer atau software tertentu (Kelton dkk, 2010). Simulasi merupakan salah satu metode di bidang *operations research* dan *management science* yang paling sering digunakan dalam menganalisis suatu sistem. Umumnya hasil dari analisis akan digunakan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan yang bersifat strategis untuk meningkatkan kinerja sistem, misalkan dari sisi kapasitas, produktivitas, efisiensi, dan variabel keputusan sistem lainnya. Untuk dapat mencapai hal ini maka perlu dibangun dulu suatu model yang merepresentasikan sistem nyata, kemudian dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model tersebut. Apabila model sudah dipastikan *valid*, maka selanjutnya dapat dilakukan eksperimen pada model simulasi tersebut dengan melakukan perubahan pada parameter sistem untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel keputusan yang diamati. Logika dari metodologi simulasi ini ditampilkan pada Gambar IV.1:



Gambar VII.1 Metodologi Simulasi
 Sumber: diadaptasi dari Gallien, 2003

Terdapat beragam kelebihan yang dapat dijadikan alasan digunakannya metode simulasi dalam suatu analisis sistem. Siswanto dkk (2017) menerangkan beberapa alasan tersebut antara lain:

- Simulasi mampu memodelkan keterkaitan dan ketergantungan antar elemen pada suatu sistem yang tidak mampu diperoleh dari metode analitis
- Simulasi bersifat fleksibel untuk berbagai jenis model sistem walaupun belum tentu merupakan pendekatan yang efektif
- Output simulasi dapat menunjukkan perilaku sistem dari waktu ke waktu
- Menawarkan penghematan waktu dan biaya, terutama untuk permasalahan skala besar
- Tidak merusak atau mengganggu sistem yang sebenarnya
- Menyediakan informasi untuk beberapa ukuran performansi sekaligus
- Hasil dari simulasi mudah untuk dimengerti dan dikomunikasikan sehingga orang yang tidak memahami teorinya pun dapat memahami dengan baik
- Menekankan pada detail sistem

Law (2015) menyebutkan sejumlah proses dan sistem nyata dimana simulasi dapat menjadi alat analisis yang sangat berguna, diantaranya:

- Desain dan analisis dari suatu sistem manufaktur seperti pabrik otomotif, garmen/tekstil, kimia, dan lain-lain;
- Desain dan analisis dari suatu sistem transportasi seperti bandara, pelabuhan, stasiun kereta, dan lain-lain;
- Evaluasi desain dari organisasi jasa seperti call centers, restoran cepat saji, rumah sakit, kantor pos, dan lain-lain;
- Rekayasa ulang proses bisnis perusahaan;
- Analisis rantai pasokan;
- Penentuan kebijakan pemesanan dari sistem persediaan; dan
- Analisis operasi pertambangan

VII.2 Jenis-Jenis Simulasi

Terdapat beberapa jenis simulasi yang disesuaikan dengan karakteristik dari sistem yang diamati. Secara umum berikut merupakan jenis simulasi yang sering ditemui dalam suatu studi simulasi yaitu:

- Simulasi statis dan dinamis

Berdasarkan dampak variabel terhadap waktu, maka simulasi dibedakan menjadi statis dan dinamis. Pada simulasi statis, perubahan variabel pada sistem tidak dipengaruhi oleh waktu. Model simulasi statis digunakan untuk mengetahui kondisi sistem pada saat tertentu. Misalnya, simulasi permintaan produk sepatu dengan menggunakan data historis untuk estimasi jumlah permintaan di masa mendatang. Pada simulasi dinamis, perubahan-perubahan variabel dipengaruhi oleh waktu. Selain itu juga dapat diketahui status variabel pada waktu-waktu tertentu akan berbeda, karena statistik yang terkumpul berdasarkan waktu yang berjalan.

- Simulasi kontinyu dan diskrit

Berdasarkan sifat perubahan variabel terhadap waktu, simulasi dapat digolongkan menjadi simulasi kontinyu atau diskrit. Pada simulasi kontinyu, status variabel pada sistem berubah secara kontinyu terhadap waktu, misal perubahan volume bahan bakar pada simulasi pengisian tangki BBM SPBU. Sedangkan pada simulasi diskrit, status dari tiap variabel berubah pada titik tertentu, misalnya perubahan panjang antrian di suatu server dari waktu ke waktu.

- Simulasi deterministik dan stokastik

Simulasi juga dapat dibedakan berdasarkan sifat nilai variabel pada sistem. Pada simulasi deterministik, variabelnya bernilai konstan. Contohnya waktu pemanasan menu dalam microwave dianggap konstan sebesar 60 detik sebagaimana ditunjukkan oleh timer. Sedangkan pada simulasi stokastik, variabelnya dianggap berubah-ubah. Misal waktu pengisian BBM pada suatu SPBU akan berbeda-beda antar satu kendaraan dengan yang lainnya

VII.3 Simulasi dalam Industri 4.0

Berdasarkan publikasi oleh Russmann dkk (2015) dari The Boston Consulting Group bahwa terdapat 9 (sembilan) teknologi kunci yang akan mendorong perkembangan revolusi industri keempat yaitu *big data and analytics, autonomous robots, horizontal and vertical integration, industrial Internet of Things (IoT), cyber security, the Cloud, additive manufacturing, augmented and virtual reality (AR/VR)* dan *simulation*. Keseluruh teknologi tersebut saat ini sudah ada, namun perkembangannya akan semakin pesat di masa mendatang dan mendorong perubahan menjadi transformatif. Sebagai salah satu teknologi kunci, simulasi, dengan bantuan komputer, sebenarnya saling

terkait atau menjadi satu kesatuan dengan beberapa teknologi kunci lainnya. Misalkan pada teknologi kunci *big data and analytics*, dimana data yang berjumlah masif dikumpulkan dan dianalisis untuk kemudian menjadi dasar dalam sebuah pengambilan keputusan. Seringkali metode yang digunakan dalam analisis tersebut adalah metode simulasi. Contohnya adalah data pengguna aplikasi Gojek terkait layanan pesan antar makanan Go-Food. Simulasi dapat dilakukan dengan menerapkan beragam skenario promosi (misalkan diskon, *bundling*, *cashback*, *reward point*, dll) untuk menentukan tipe promosi apa yang paling tepat dalam memaksimalkan kepuasan pelanggan dan keuntungan perusahaan. Atau misalkan data parameter operasional suatu mesin yang dikumpulkan oleh sensor tertentu yang digunakan untuk memprediksi kapan mesin tersebut memerlukan perawatan (bersifat *predictive maintenance* yang disimpulkan melalui proses simulasi). Keberadaan simulasi yang *embedded* dalam teknologi kunci lainnya seperti ilustrasi di atas menggambarkan signifikansi peran simulasi tidak hanya sebagai teknologi kunci namun juga sebagai sebuah metodologi analisis yang bersifat fleksibel.

VII.4 Digital Twin

Salah satu bentuk simulasi dalam suatu sistem industri 4.0 yang paling terkenal adalah *digital twin*. Shaw, K. & Fruhlinger, J. (2019) mendefinisikan *digital twin* sebagai representasi digital dari obyek fisik atau sistem yang dapat digunakan oleh *data scientist* dan profesi TI untuk menjalankan simulasi sebelum perangkat yang sebenarnya dibangun dan digunakan. *Digital twin* bergerak melampaui bidang manufaktur, dan masuk ke dunia konvergensi IoT, kecerdasan data, dan analitik data. Bahkan sekarang cakupan teknologi *digital twin* ini semakin meluas dan dapat mencakup bangunan, pabrik, dan kota.

Pada dasarnya, *digital twin* adalah sebuah model virtual yang dapat membantu manusia mengumpulkan informasi berbasis data dan prediksi yang akurat guna melakukan pengambilan keputusan yang berpengaruh pada produktivitas perusahaan. *Digital twin* akan menggunakan data yang disediakan oleh sensor untuk memahami keadaan sekitar, merespon setiap adanya perubahan, meningkatkan operasi, dan menambah nilai. *Digital twin* ini bertujuan untuk menciptakan kembaran mesin dalam bentuk digital untuk diambil datanya dengan lebih detail.

Digital twin pertama kali diperkenalkan pada tahun 2003 di University of Michigan oleh Dr. Michael Grieves. *Digital twin* merupakan sebuah representasi visual (model 3-D) dari sebuah produk, proses, maupun layanan. *Digital twin* dapat digunakan dalam desain produk, simulasi, *monitoring* dan merupakan konsep penting dari *Internet of Things*. Perpaduan dari dunia nyata dan dunia virtual membuka jalan untuk memonitor sistem dan menganalisis data yang dapat membantu mencegah permasalahan sebelum terjadi. Manfaat lebih jauh dari *digital twin* ini dapat menemukan kesempatan-kesempatan baru dalam pengembangan sebuah teknologi di masa depan dengan memanfaatkan simulasi. *Digital twin* menjadi sangat penting untuk bisnis industri karena cara kerjanya yang efisien dengan menggunakan *cloud-based virtual image* dari produk yang sedang dikelola yang dapat dengan mudah diakses kapanpun.

Menurut Michael Grieves, konsep dari *digital twin* membutuhkan tiga elemen yaitu :

1. Benda fisik di dunia nyata.
2. *Digital twin* dari benda fisik tersebut di ruang virtual.
3. Informasi yang menghubungkan kedua elemen sebelumnya.

Sebelum diperkenalkannya konsep *digital twin* ini, perusahaan manufaktur biasanya membuat model virtual dari sebuah produk baru yang akan di produksi (seperti mobil, sepeda, dll) terlebih dahulu menggunakan *computer aided design (CAD)* yang akan dilanjutkan dengan mengubah model virtual ini menjadi sebuah benda fisik yang sebenarnya, dan selanjutnya mereka akan membuang ataupun menyimpan model virtual tersebut karena sudah tidak lagi digunakan. Dengan konsep *digital twin*, *virtual model* yang sudah dibuat tidak lagi dibuang melainkan digunakan dengan dihubungkan ke benda fisik melalui sebuah *cloud-based system*. Selain itu, benda fisik tersebut juga tidak menggunakan komponen yang sama seperti pengembangan sebelumnya, melainkan dilengkapi dengan komponen pintar disertai dengan *sensor*. *Sensor* yang terhubung dengan benda fisik mengumpulkan data *real-time* mengenai status, kondisi kerja, atau posisi yang diintegrasikan dengan benda fisik dan mengirim data tersebut kembali ke *digital twin*. Sebagai contoh sensor mendeteksi ketika mesin mobil harus ganti oli, dan *digital twin* dari mobil tersebut akan memiliki gambar *overlay* yang mengindikasikan informasi baru tersebut, yang dapat tampil ke *smartphone* pemilik mobil.

Digital twin bekerja pada 3 tahap, yaitu melihat, berpikir, dan melakukan.

1. Tahap Melihat

Pada tahap pertama "melihat" dimana *digital twin* mengambil data untuk menciptakan kembaran virtual yang bisa bekerja secara bersamaan. Pada *digital twin*, perpaduan antara sebuah integritas sebuah software, hardware, fisika, dan pembelajaran mesin. Ini semua harus saling terintegrasi untuk menghasilkan sebuah keputusan yang dibutuhkan. Caranya dengan menghubungkan peralatan industri dengan internet untuk mendapatkan data. Kemudian data tersebut dimasukkan ke *digital twin*.

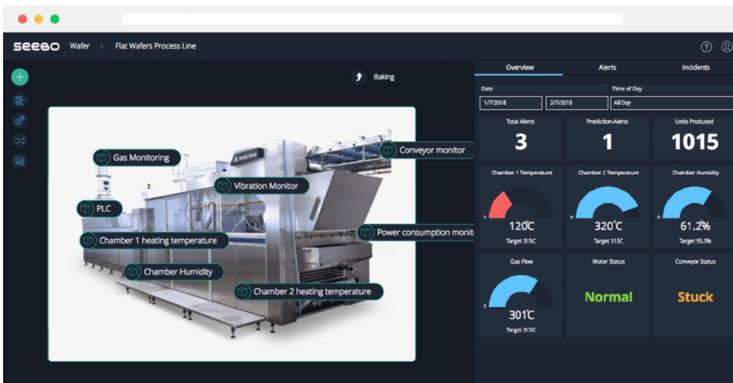
2. Tahap Berpikir

Pada tahap kedua “berpikir” dimana *digital twin* dapat melihat korelasi dalam data yang diolah dengan *machine learning*. Apa saja yang sesungguhnya menyebabkan permasalahan. Dalam hal ini *digital twin* dapat merekomendasikan beberapa tindakan yang dapat dilakukan.

3. Tahap Melakukan

Terakhir pada tahap ketiga yaitu “melakukan” maksudnya adalah bagian kegiatan pemeliharaan dan tindakan mengontrol mesin.

Keakuratan *digital twin* dilakukan dengan dua cara yaitu yang pertama dengan melakukan pengumpulan dari semua data dari *digital twin* dan membangun template dari koleksi data tersebut. Dengan membuat *template* dari mesin mesin pada industri tersebut pelanggan dapat melihat data sehingga pelanggan dapat memanfaatkan data tersebut dengan cepat. Hal kedua yaitu dengan memprediksi. Ini berdasarkan *platform cloud*. Ketika anda menyimpan informasi di cloud, kemudian informasi tersebut dapat diakses pihak yang berkepentingan.



Gambar VII.2 *Digital Twin*
Sumber: The Seebo Platform

Digital twin memiliki empat jenis, yaitu komponen (*parts*), mesin, proses, dan sistem. *Digital twin* digemari oleh pelanggan karena efisiensi harga dan juga dapat membantu pelanggan untuk meningkatkan produktifitas dan keuntungan sebuah perusahaan.

Berikut ini contoh aplikasi dari *digital twin* :

1. *Hara Agriculture*

Hara Agriculture merupakan solusi digital untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian dan perkebunan yang menggunakan *platform Predix*. Ini adalah terobosan mutakhir buatan anak negeri, yakni Dattabot, dan risetnya sejak 2014. Pengguna solusi ini adalah petani, petugas penyuluh, dan perusahaan pertanian. *Hara Agriculture* bekerja dengan cara mengumpulkan data lahan melalui aplikasi bergerak, sensor Predix, nano satelit, dan pesawat nirawak, dan kemudian melakukan pengolahan data dan analisis. Solusi tersebut sudah dipakai di lahan pertanian padi dan jagung seluas 1.500 hektar di Lampung dan Merauke untuk mendapatkan hasil perbandingan. Melalui nano satelit, dengan memperoleh data citra satelit setiap hari, seperti indeks vegetasi dan kadar air akan dianalisis. Data tersebut akan menunjukkan riwayat lahan. Dari sana bisa diperoleh rekomendasi mengenai volume penggunaan pestisida dan pupuk yang tepat. Data hasil analisis dipakai tim dan pengurus pertanian untuk mengambil keputusan dalam pengelolaan lahan.

2. *e-Fishery*

e-Fishery merupakan teknologi pemberi pakan ikan otomatis buatan Indonesia, *eFishery* menggabungkan pemberian pakan otomatis dengan algoritma dan sensor untuk meningkatkan efisiensi pakan dalam bisnis perikanan. Fitur-fitur yang terdapat di *eFishery* adalah *smart feeder* dan *real time monitoring*. Dengan

smart feeder pengguna dapat memberikan pakan ikan pada waktu penjadwalan yang teratur dan dengan jumlah yang tepat sesuai kebutuhan ikan. Sementara itu dengan *real time monitoring* pengguna dapat melihat laporan pemberian pakan secara langsung, kapanpun dan dimanapun melalui *smartphone*.

eFishery dilengkapi dengan sensor pendeteksi ikan yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemberian pakan pada waktu yang tepat. Alat ini juga dilengkapi dengan teknologi *mobile* sehingga pengguna dapat mengontrol alat ini menggunakan *smartphone*.

3. *ElectRx*

ElectRx merupakan sebuah teknologi atau sistem yang dapat memonitor dan mengontrol proses biologis dalam tubuh melalui sistem saraf. Proses kerja *ElectRx* yaitu dengan memantau serta mencatat proses biologis dalam tubuh, kemudian dilakukan diagnosa yaitu proses evaluasi untuk menentukan kesehatan, selanjutnya dilakukan perawatan yaitu proses pengobatan yang diperlukan. Dengan adanya teknologi pengontrol saraf akan membantu kita dalam pemulihan kesehatan tanpa diperlukannya operasi atau obat-obatan.

Daftar Pustaka:

1. Gunal, Murat M. 2019. *Simulation for Industry 4.0: Past, Present, and Future*. Switzerland: Springer.
2. <http://gereports.co.id/post/160011409890/digital-twin-bantu-pengguna-hasilkan-keputusan>
3. <http://www.penggagas.com/electrx-pengontrol-syaraf-pemicu-self-healing/>
4. <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartners-top-10-technology-trends-2017/>
5. <http://gereports.co.id/post/160220182240/teknologi-digital-peluang-emas-tingkatkan>

6. <https://medium.com/datadriveninvestor/the-digital-twin-powerful-use-cases-for-industry-4-0-cdf5b0ebf8ae>
7. Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Swets, N.B. 2010. Simulation With Arena, 5th edition, International Edition. Singapore: McGraw-Hill Education (Asia).
8. Law, Averill M. 2015. Simulation Modeling and Analysis, 5th edition. New York: McGraw-Hill Education.
9. Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., dan Harnisch, M. 2015. Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston: Boston Consulting Group Publication.
10. Shaw, K. & Fruhlinger, J. 2019 <https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html>
11. Siswanto, Nurhadi., Latiffianti, Effi., Wiratno, S.E. 2017. Simulasi Sistem Diskrit: Implementasi dengan Software ARENA. Surabaya: ITS TEKNO SAINS

BAB VIII KECERDASAN BUATAN (*ARTIFICIAL INTELLIGENCE*)

Capaian Pembelajaran:

Mampu memahami pengetahuan tentang Kecerdasan Buatan (AI) mengenai:

- 1. *Artificial Intelligent vs Machine Learning vs Deep Learning***
- 2. Aplikasi AI yang potensial pada industri**

VIII.1 *Sejarah dan Definisi Kecerdasan Buatan (Artificial Intellegence)*

Istilah kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) mulai dikenal pada 1956 (www.sas.com) yang dirintis oleh John McCarthy, seorang profesor dari Massachusetts Institute of Technology. Pada saat ini, AI semakin populer menjadi alat yang berharga dan penting untuk mengatur teknologi digital dan mengelola operasi bisnis karena adanya peningkatan volume data, algoritma canggih, dan peningkatan daya serta penyimpanan komputasi. Salah satu contoh dari AI adalah kemampuan ponsel cerdas (*smartphone*) dalam mempelajari dan menafsirkan cara bicara pemiliknya. Berbicara dengan *smartphone* untuk mengetahui hal-hal seperti lokasi restoran terbaik yang ada di suatu kota atau untuk menemukan cara menuju suatu lokasi.



Gambar VIII.1 Evolusi *Artificial Intelligence*

Sumber: https://www.sas.com/id_id/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html#history

Perkembangan AI yang dimulai pada tahun 1950-an sampai dengan 1970-an, riset awal mengenai AI dilakukan dengan suatu pekerjaan menggunakan jaringan neural. Tahun 1980-an sampai dengan tahun 2010-an, AI populer dengan adanya pembelajaran mesin. Pada saat ini, AI berevolusi memberikan manfaat bagi suatu industri dengan menanamkan teknologi tersebut seperti pembelajaran mesin dan pembelajaran mendalam (*deep learning*) seperti yang terlihat pada Gambar VIII.1.

Kecerdasan buatan (AI) berakar dari ilmu matematika dan statistik, dengan bantuan komputer menggunakan pembelajaran lebih dalam serta pemrosesan bahasa alamiah yang dilatih digunakan untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu dengan memproses sejumlah besar data dan mengenali pola dalam data. Dengan demikian, memungkinkan mesin untuk belajar dari pengalaman, menyesuaikan input-input baru dan melaksanakan tugas seperti manusia. Istilah kecerdasan buatan (AI) mengacu pada sistem komputasi yang melakukan tugas-tugas yang biasanya dipertimbangkan dalam bidang pengambilan keputusan manusia. Sistem yang digerakkan oleh perangkat lunak dan agen cerdas ini menggabungkan analitik data canggih dan aplikasi *big data*. Sistem AI memanfaatkan repositori pengetahuan untuk membuat keputusan dan

mengambil tindakan yang mendekati fungsi kognitif, termasuk pembelajaran dan pemecahan masalah. Beberapa definisi mengenai kecerdasan buatan (AI) dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu berpikir secara manusiawi, berpikir secara rasional, bertindak manusiawi, dan bertindak rasional (Russell & Norvig, 2016). Namun, menurut Russell, & Norvig (dalam De Spiegeleire, S., dkk, 2017) menjelaskan bahwa secara konkret dan dalam sebagian besar aplikasi, AI didefinisikan sebagai kecerdasan non-manusia yang diukur dengan kemampuannya untuk meniru keterampilan mental manusia, seperti pengenalan pola, memahami bahasa alami, belajar adaptif dari pengalaman, menyusun strategi, atau alasan lainnya.

VIII.2 Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

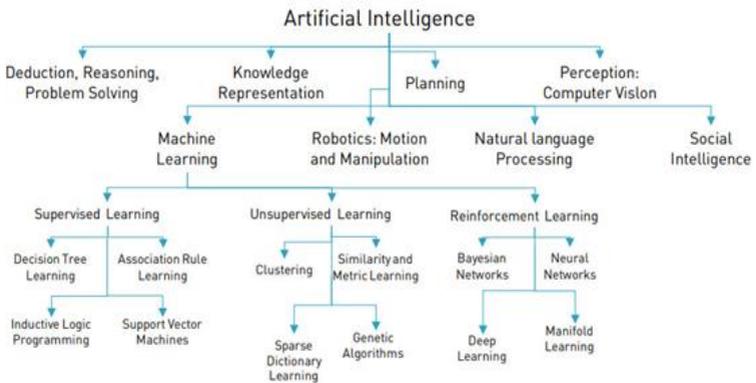
Bidang AI telah berkembang ke berbagai bidang yang memiliki tujuan untuk menciptakan mesin cerdas yang mampu menalar, merencanakan, memecahkan masalah, berpikir secara abstrak, memahami ide-ide kompleks, belajar dengan cepat dan belajar dari pengalaman. Pada praktiknya, kecerdasan yang ditiru secara artifisial ini adalah untuk mencerminkan kemampuan yang luas dan mendalam untuk memahami lingkungannya sehingga dapat mengetahui apa yang harus dilakukan dalam situasi yang tak terbatas. Proses yang terjadi dalam AI mencakup *learning, reasoning, dan self-correction*.

Gambar VIII.2 menggambarkan inti masalah kecerdasan buatan mencakup pemrograman komputer dengan kriteria atau klasifikasi sebagai berikut (Martin, 2015):

1. Deduction, reasoning, and problem solving

Pada awal penelitian AI, proses penalaran diinduksi melalui langkah-langkah meniru proses manusia dalam menyelesaikan teka-teki atau deduksi logis. Namun,

pendekatan ini sangat bergantung pada sumber daya komputasi dan memori komputer yang pada saat itu agak terbatas. Masalah-masalah ini menunjukkan perlunya meniru proses penilaian langsung pada manusia daripada masalah pertimbangan yang disengaja. Penilaian langsung dapat dilihat sebagai pengetahuan bawah sadar yang intuitif yang mengatur arah tindakan yang disengaja.



Gambar VIII.2 Klasifikasi kecerdasan buatan
 Sumber : <https://devopedia.org/artificial-intelligence#Cook-2018>

2. Knowledge presentation

Untuk meniru manusia, AI perlu menggabungkan banyak sekali pengetahuan tentang objek, sifat-sifatnya, kategori-kategori dan hubungan antar satu sama lain. Selain itu, harus menerapkan situasi dan keadaan, sebab, akibat dan ide yang abstrak. Bidang AI menggunakan pendekatan ontologis untuk representasi pengetahuan, yaitu pengetahuan dipostulatkan dalam set konsep yang hubungannya didefinisikan dalam suatu domain.

3. Planning

AI harus mampu membangun solusi yang kompleks dan dioptimalkan dalam ruang multidimensi dan melakukan

realisasi strategi. Dengan kata lain, agen cerdas perlu dapat memvisualisasikan masa depan yang potensial (analisis prediktif), menetapkan tujuan tindakan (pengambilan keputusan) dan melakukan dengan cara yang akan memaksimalkan efisiensi (nilai) proses.

4. Perception: Computer Vision

Persepsi mesin mewakili kemampuan interpretasi input yang menyerupai proses persepsi manusia melalui indera. Masalah-masalah penting yang dicoba untuk diatasi adalah masalah persepsi yang komprehensif, transmisi ke inti entitas yang cerdas dan sistem respons (yaitu, persepsi mesin menghadapi kesulitan dalam fitur teknik dan komputasi).

5. Machine Learning

Pembelajaran mesin adalah konstruksi dan studi algoritma yang memungkinkan sistem AI untuk membuat prediksi dan keputusan berdasarkan input data dan pengetahuan.

6. Robotics: Motion and Manipulation

Tujuan dalam robotika menggabungkan rekayasa dengan studi kecerdasan buatan dan berputar di sekitar pertanyaan: manipulasi objek; navigasi; lokalisasi; pemetaan; perencanaan gerak.

7. Natural Language Processing

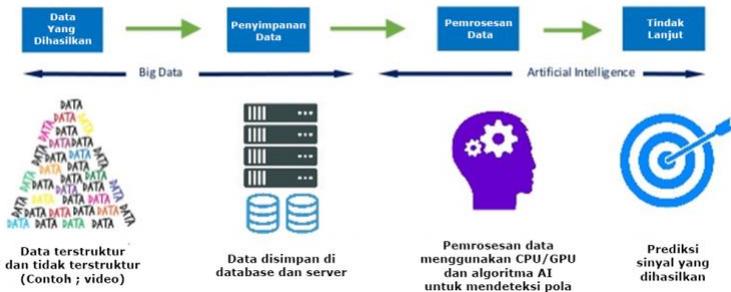
Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing/NLP*) merupakan cabang kecerdasan buatan yang membantu komputer memahami, menafsirkan, dan memanipulasi bahasa manusia. NLP menarik dari banyak disiplin ilmu, termasuk ilmu komputer dan linguistik komputasional, dalam usahanya untuk mengisi kesenjangan

8. Social Intelligence

Kecerdasan sosial (*Social Intelligence*) adalah istilah umum antara berbagai disiplin ilmu termasuk filsafat, ilmu sosial / sosiologi, ekonomi, ilmu hukum, psikologi, dll, dan ilmu komputer. Secara umum, kecerdasan sosial adalah kemampuan untuk memahami orang lain dan bertindak secara rasional dan emosional dalam hubungan dengan orang lain. Ini adalah kemampuan

yang tidak hanya dimiliki oleh manusia tetapi juga agen buatan, sebagaimana dimodelkan dalam kecerdasan buatan dan penelitian berbasis agen pada khususnya (Herzig, A., dkk, 2017).

Mekanisme Kinerja

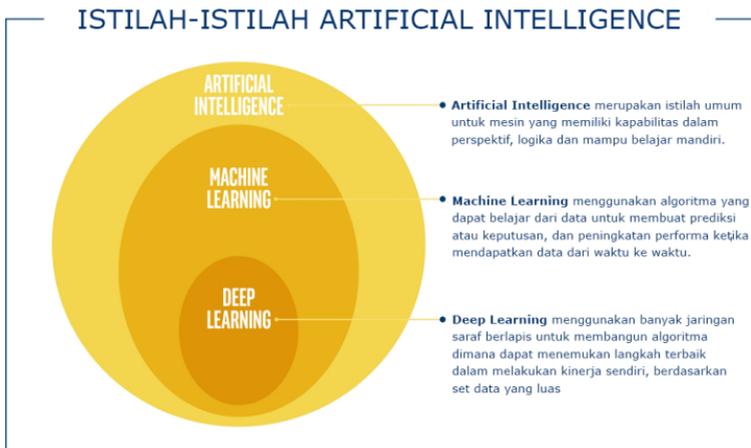


Gambar VIII.3 Mekanisme Kerja Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Berdasarkan klasifikasi AI di atas dapat diketahui bahwa AI bekerja dengan cara menggabungkan sejumlah besar data, baik dari data yang terstruktur maupun tak terstruktur yang disimpan pada *database* dan *server* dengan pemrosesan yang cepat, berulang dan menggunakan algoritma cerdas, memungkinkan perangkat lunak untuk belajar secara otomatis dari pola atau fitur dalam data. Hasil transformasi data tersebut menjadi wawasan yang ditindaklanjuti guna pengambilan keputusan bagi suatu perusahaan. Deskripsi secara visual mengenai mekanisme kerja kecerdasan buatan dapat dilihat pada Gambar VIII.3. Sebagai salah satu contoh, adanya data penggunaan listrik dari konsumen yang terdapat pada *database* akan dikelola lebih lanjut menggunakan algoritma untuk melihat pola beban penggunaan listrik pada pagi, siang dan malam hari sehingga didapatkan hasil prediksi beban listrik yang digunakan oleh pelanggan pada waktu tersebut.

VIII.3 Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), dan Deep Learning (DL)

Artificial intelligence, Machine Learning dan *Deep Learning* menjadi trending topik dunia dalam berbagai unit aspek bisnis. Hubungan antara ketiga istilah tersebut diibaratkan AI sebagai payung yang lebih luas di mana ML dan DL berada dalam lingkungannya. Primartha, R. (2018) menjelaskan bahwa AI berbicara tentang konsep umum, bagaimana melakukannya, metode apa yang digunakan, dan hal-hal teknis lainnya yang belum dapat didefinisikan secara detail. Gambar VIII.4. memperlihatkan bahwa ML dan DL merupakan cabang atau bagian dari AI. Tugas *machine learning* adalah melatih mesin untuk belajar menggunakan algoritma yang umum dengan memberi data, lalu algoritma itu akan mencari hal-hal yang menarik dalam data yang kita berikan, hingga akhirnya sistem AI akan membangun pengetahuan berdasarkan data tersebut. Sedangkan DL merupakan subset dari ML yang membuat komputasi jaringan saraf multi layer yang layak.

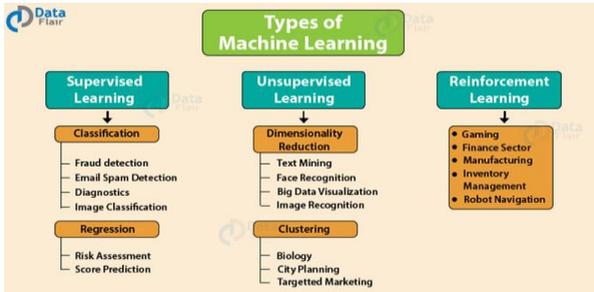


Gambar VIII.4 Keterkaitan antara AI, ML, dan DL

VIII.3.1 Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*)

Saat ini, AI didasarkan pada pembelajaran mesin, dan pembelajaran mesin pada dasarnya berbeda dari statistik. Pembelajaran mesin memiliki basis statistik, tetapi beberapa asumsi memiliki perbedaan dengan statistik karena tujuannya berbeda (Mueller, J. P. & Massaron, L., 2016). Sedangkan, Müller, A. C. & Guido, S. (2016) menjelaskan bahwa pembelajaran mesin adalah tentang mengekstraksi pengetahuan dari data. ML merupakan bidang penelitian antara ilmu statistik, kecerdasan buatan, dan ilmu komputer dan juga dikenal sebagai analitik prediktif atau pembelajaran statistik. Pembelajaran mesin (*Machine Learning*) adalah pemrograman komputer untuk mencapai kriteria/performa tertentu dengan menggunakan sekumpulan data yang dilatih atau pengalaman masa lalu (Primartha, R., 2018). ML melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti statistika, ilmu komputer, matematika, bahkan neurologi. Ilmu statistika digunakan untuk membuat model matematika baik bersifat prediksi maupun deskriptif atau gabungan keduanya. ML dianalogikan sebagai buku resep masakan dan algoritma dianalogikan sebagai pisau. Semakin sesuai ukuran dan tajam pisaunya maka semakin mudah koki untuk memotong bahan makanan.

Pembelajaran mesin sangat penting karena memungkinkan dengan cepat dan otomatis menghasilkan model yang dapat menganalisis data yang lebih besar, lebih kompleks, dan memberikan hasil lebih cepat dan lebih akurat, bahkan dalam skala yang sangat besar. Dengan membangun model yang tepat, organisasi memiliki peluang yang lebih baik untuk mengidentifikasi peluang yang menguntungkan atau menghindari risiko yang tidak diketahui.



Gambar VIII.5 Kategori *Machine Learning*

Sumber : <https://data-flair.training/blogs/types-of-machine-learning-algorithms/>

Secara umum, algoritma ML dikelompokkan menjadi tiga kategori seperti yang terlihat pada Gambar VII.5. Primartha, R. (2018) menjelaskan ketiga kategori tersebut sebagai berikut:

a. Supervised Learning

Algoritma *supervised learning* menggunakan sekumpulan data yang dilatih untuk memandu dan mengajari komputer sehingga menghasilkan keluaran yang sesuai harapan. Analogi algoritma ini adalah seperti seorang guru yang sedang mengajari anak-anak berhitung dimana data pelatihan bertindak sebagai guru, sedangkan algoritma bertindak sebagai murid. Permasalahan yang terkait dengan algoritma ini dikategorikan menjadi dua jenis, pertama mengenai klasifikasi (*Classification*), sebagai contoh keluaran yang diinginkan berbentuk kategori seperti : pria/wanita, sakit/sehat, tinggi/rendah, dll. Kedua mengenai regresi (*regression*) yang bertujuan untuk memprediksi *outcome* dari input (sampel yang diberikan), dimana variabel outputnya berbentuk nilai aktual, seperti tinggi badan, curah hujan, dan lain-lain.

b. Unsupervised Learning

Pada *unsupervised learning* persoalan diproses menggunakan data yang belum dilatih untuk memodelkan struktur data. Algoritma ini bermanfaat

untuk kasus penemuan relasi implisit dari set data yang tidak berlabel. Permasalahan pada algoritma ini dikelompokkan menjadi tiga kategori. Pertama, *association* yang bertujuan untuk menemukan peluang berdasarkan keterkaitan dari item-item dalam sebuah kumpulan, sebagai contoh jika pelanggan membeli teh celup maka kemungkinan besar *customer* juga membeli gula. Kedua, *clustering* yang bertujuan untuk mengelompokkan sampel dalam kluster yang sama berdasarkan kemiripan, sebagai contoh pengelompokan pelanggan berdasarkan perilaku pembelian. Ketiga, *dimensionality reduction* yang mengurangi sejumlah variabel dari set data akan tetapi dipastikan informasi yang penting masih tersedia.

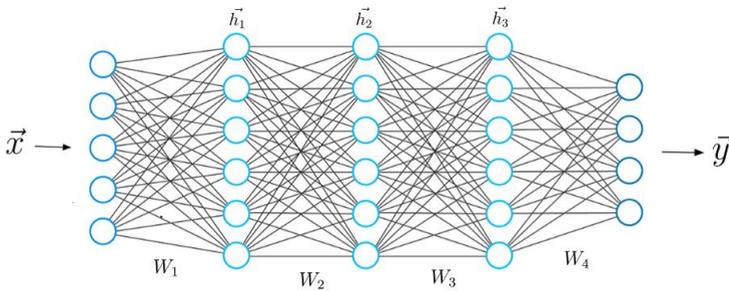
c. *Reinforcement Learning* (RL)

Reinforcement Learning merupakan metode pembelajaran yang dipengaruhi oleh *feedback* dari lingkungan dengan teknik pembelajaran yang berulang-ulang dan menyesuaikan. Contoh penerapan RL adalah pada bidang *robotic*, dimana sebuah robot dapat belajar untuk menghindari tabrakan dengan cara menerima *feedback* negatif jika robot tersebut menabrak halangan tertentu. Robot akan dibiarkan berjalan tanpa dipandu. Robot akan belajar dari pengalaman sebelumnya untuk menentukan rute paling optimal.

VIII.3.2 Deep Learning (DL)

Deep learning merupakan metode pembelajaran yang memanfaatkan *artificial neural network* yang berlapis-lapis (multilayer). DL sering juga disebut *deep structured learning* atau *hierarchical learning* atau *deep neural* merupakan metode pembelajaran yang memanfaatkan *multiplenon linier transformation*. Gambar VIII.6 menjelaskan bahwa DL adalah bidang kecerdasan buatan yang berdasarkan jaringan saraf tiruan, yaitu menggunakan struktur algoritma berlapis-lapis yang disebut jaringan saraf. Metode ini merupakan bagian dari *machine learning* yang algoritmanya

membutuhkan data untuk belajar menyelesaikan tugas. Model *Deep Learning* cenderung meningkatkan akurasi dengan semakin banyaknya data pelatihan. X sebagai input data yang diproses secara berlapis dengan output dari *layer* sebelumnya akan menjadi input bagi *layer* sesudahnya dan Y sebagai outputnya.



Gambar VIII.6 Ilustrasi *Multilayer Artificial Neural Networks*

Sumber : <https://www.deeplearning-academy.com/p/ai-wiki-machine-learning-vs-deep-learning>

DL sangat berdampak pada kemajuan perkembangan yang telah dicapai AI secara bertahap. Tidak hanya untuk perangkat lunak, namun para penggunanya juga telah merambah di berbagai bidang industri. Contohnya seperti Facebook dan Google yang menggunakan sistem DL.

VIII.4 Perbedaan Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), dan Deep Learning(DL)

AI merupakan sistem yang masih manual dan masih harus di-*setting* untuk melaksanakan satu tugas tertentu. Kemudian *Machine Learning* adalah suatu program pembelajaran yang berupa saraf neuron yang berfungsi untuk memerintah suatu otak pada komputer yang menyelesaikan masalah tanpa diprogram secara

eksplisit akan tetapi memberikan analisis atau kesimpulan yang lebih tepat. Sedangkan, *Deep Learning* adalah kemampuan sistem yang di setting dengan baik demi meningkatkan kerja pada komputer dan biasanya memperhitungkan data yang tidak eksak, seperti bahasa, suara atau gambar. Untuk mengetahui perbedaan mendasar *Artificial Intellegence (AI)*, *Machine Learning (ML)*, dan *Deep Learning (DL)* dapat dilihat pada Tabel VIII.1.

Tabel VIII.1 Perbedaan AI, ML, dan DL

<i>Artificial Intelligence (AI)</i>	<i>Machine Learning (ML)</i>	<i>Deep Learning (DL)</i>
AI muncul sekitar tahun 1950an	ML muncul sekitar tahun 1960an	DL muncul sekitar tahun 1970an
AI merupakan kecerdasan simulasi dalam mesin	ML adalah praktik mendapatkan mesin untuk membuat keputusan tanpa diprogram. ML menggunakan algoritma yang belajar dari data untuk membuat prediksi atau keputusan, dan yang kinerjanya meningkat ketika terpapar lebih banyak data dari waktu ke waktu.	DL adalah proses menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> untuk memecahkan masalah yang kompleks. DL menggunakan banyak jaringan saraf berlapis untuk membangun algoritma yang menemukan cara terbaik untuk melakukan tugas sendiri, berdasarkan kumpulan data yang luas
AI adalah subset dari <i>data science</i>	ML adalah subset dari <i>data science</i> & AI	DL adalah subset dari <i>data science</i> & AI & ML

Artificial Intelligence (AI)	Machine Learning (ML)	Deep Learning (DL)
Tujuannya adalah untuk membangun mesin yang mampu berpikir seperti manusia	Tujuannya adalah membuat mesin belajar melalui data sehingga dapat memecahkan masalah	Tujuannya untuk membangun jaringan saraf (<i>neural networks</i>) yang secara otomatis menemukan pola untuk deteksi fitur.

VIII.5 Aplikasi *Artificial Intellegence* pada Industri

Pada saat ini, AI merambah ke berbagai dunia bisnis guna membantu suatu pekerjaan menjadi lebih cepat dan efisien. Contoh nyata aplikasi AI dapat dilihat dari berbagai bidang sebagai berikut:

1. Kesehatan, dengan menggunakan teknologi pengenalan gambar, pemrosesan data besar, dan pembelajaran mendalam memungkinkan para profesional kesehatan memahami faktor risiko dan penyakit pada tingkat yang lebih dalam mendiagnosis dan memberikan wawasan tentang risikonya, mengelola rekam medis
2. Pertanian, AI sekarang banyak digunakan untuk pemantauan tanaman. Ini membantu petani menerapkan air, pupuk, dan zat lain pada tingkat optimal.
3. Keuangan, memungkinkan konsumen untuk memindai cek kertas dan melakukan setoran menggunakan *smartphone*.
4. Perjalanan, transportasi dan perhotelan menggunakan AI untuk memperkirakan permintaan dan menyesuaikan harga secara dinamis.
5. Pendidikan, melalui algoritma, AI memasukkan analisis data siswa ke basis pengetahuan yang ada. Menyesuaikan kursus dan latihan yang sesuai

bagi siswa, untuk meningkatkan efek pembelajaran. Misalnya, Beijing telah menerapkan pengajaran matematika di beberapa SMP-SMA oleh Guru Robot AI menggantikan penjelasan guru manual. Di Indonesia, contohnya adalah ruang guru sebagai aplikasi belajar dengan solusi belajar terlengkap untuk berbagai jenjang mulai dari SD, SMP dan SMA sesuai dengan kurikulum nasional yang dirancang khusus oleh pengajar terbaik dan berpengalaman.

6. Retail, pelanggan, terutama generasi milenial sudah merangkul teknologi digital. Mereka mengharapkan pengalaman yang sangat pribadi yang mengikat saluran suara, video dan film. AI telah mengubah pembelanjaan dengan memberikan rekomendasi pribadi berdasarkan preferensi pelanggan sebelumnya. AI juga dapat membantu manajemen toko dalam hal stok, analisis tata letak, prediksi penjualan, dan lainnya.
7. Manufaktur, Aplikasi AI yang inovatif saat ini dapat dilihat pada kegiatan manufaktur untuk mengoptimalkan proses validasi desain, melakukan otomatisasi pergerakan material, mendukung pemeliharaan prediktif, melakukan otomatisasi kondisi pertumbuhan tanaman, mengontrol rantai pasokan yang kompleks.
8. Keamanan, AI menjadi komponen penting dalam keselamatan publik. Untuk kamera keamanan dan pengawasan, AI dapat menjadi mata digital, dan menganalisis gerakan. Ini dapat membantu polisi mendeteksi kejahatan dan memantau ruang publik untuk kecelakaan serta gangguan. Keamanan pengenalan wajah kini juga digunakan hampir di mana saja dari *smartphone* dan membangun sistem akses ke kartu kredit dan lisensi pengemudi.

Daftar Pustaka:

1. De Spiegeleire, S., Maas, M., & Sweijs, T. 2017. *Artificial intelligence and the future of defense: strategic implications for small-and medium-sized force providers*. The Hague Centre for Strategic Studies.
2. <https://devopedia.org/artificial-intelligence#Cook-2018>, diakses pada 13 November 2019 pukul 21.13.
3. <https://www.datamation.com/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence.html>, diakses pada 13 November 2019 pukul 22.03.
4. <https://www.deeplearning-academy.com/p/ai-wiki-machine-learning-vs-deep-learning>, diakses pada 25 November 2019 pukul 20.20.
5. https://www.sas.com/id_id/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html#history, diakses pada 13 November 2019 pukul 22.15
6. Herzig, A., Lorini, E., & Pearce, D. 2017. *Social Intelligence*.
7. Martin."Artificial Intelligence: A Complete Guide".2015.<https://www.cleverism.com/artificial-intelligence-complete-guide/>, diakses pada 14 November 2019 pukul 19.12.
8. Müller, A. C., & Guido, S. (2016). *Introduction to machine learning with Python: a guide for data scientists*. " O'Reilly Media, Inc."
9. Mueller, J. P., & Massaron, L. 2016. *Machine learning for dummies*. John Wiley & Sons.
10. Primartha, R. (2018). Belajar Machine Learning. *Bandung: Informatika*.
11. Russell, S. J., & Norvig, P. 2016. *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited,.
12. Suwarno, Ricky." Peluang dan tantangan startup AI Indonesia".2019.
<https://artificialintelligenceindonesia.com/peluang-dan-tantangan-bagi-startup-ai-indonesia/>, diakses pada 29 November 2019 pukul 17.18.

BAB IX

KEAMANAN CYBER (CYBERSECURITY)

Capaian Pembelajaran:
Mampu memahami pengetahuan tentang
Cybersecurity mengenai:

- 1. Jenis ancaman siber**
- 2. Manajemen risiko**

Cybersecurity merupakan teknologi, proses dan praktik yang dirancang untuk melindungi kekayaan intelektual organisasi, data pelanggan, dan informasi sensitif lainnya dari akses tidak sah oleh penjahat *cyber*. Frekuensi dan tingkat keparahan kejahatan dunia maya terus meningkat dan ada kebutuhan yang signifikan untuk peningkatan manajemen risiko keamanan siber sebagai bagian dari profil risiko perusahaan setiap organisasi.

Dalam era milenium ini, pengertian *cybersecurity* lebih banyak membahas tentang bagaimana melindungi orang dan organisasi dari ancaman tradisional seperti *malware*, serangan rekayasa sosial, perusakan situs web (*website defacing*), peretasan (*hacktivism*), dll. Beberapa tahun terakhir dapat kita saksikan bahwa telah terjadi peningkatan kecanggihan dan intensitas serangan dunia maya, yang sekarang berorientasi pada kejahatan keuangan, spionase industri, dan bahkan menargetkan pemerintah dan infrastruktur kritis dari waktu ke waktu.

Information Security atau keamanan sistem informasi adalah perlindungan informasi dan elemen elemennya termasuk sistem dan perangkat kerasnya. Jika dihubungkan dengan *goal* dari *information security*, yaitu *confidentiality*, *integrity* dan *availability* (dikenal dengan segitiga CIA), maka *information security* adalah sebuah perlindungan informasi dari *confidentiality*,

integrity dan *availability* pada saat informasi tersebut sedang di proses, di transmisikan, ataupun dalam penyimpanannya. Dalam hal ini, yang dimaksud segi tiga CIA adalah:

1. *Confidentiality*, yaitu proses untuk mengamankan dan memastikan bahwa hanya orang yang berhak saja yang dapat mengakses informasi tertentu. Informasi ini berkaitan dengan data personal dan dan bersifat rahasia. Data personal lebih berkaitan dengan data pribadi, sedang data yang bersifat rahasia lebih berkaitan dengan data yang dimiliki oleh suatu organisasi.
2. *Integrity*, yaitu sebuah jaminan bahwa semua data tersedia dalam keadaan utuh dan lengkap sesuai apa adanya. Menjamin bahwa data tersebut tidak dapat dimodifikasi oleh orang yang tidak berhak.
3. *Availability*, yaitu usaha supaya data akan dapat diakses setiap saat, tanpa *delay*, dan tersedia dengan utuh tanpa cacat.

Mengapa keamanan *Information Security* diperlukan?

1. "*information-based society*", menyebabkan nilai informasi menjadi sangat penting dan menuntut kemampuan untuk mengakses dan menyediakan informasi secara cepat dan akurat menjadi sangat esensial bagi sebuah organisasi,
2. Infrastruktur Jaringan komputer, seperti LAN dan Internet, memungkinkan untuk menyediakan informasi secara cepat, sekaligus membuka potensi adanya lubang keamanan (*security hole*).

Kejahatan pada *Information Security* semakin meningkat dikarenakan:

1. Aplikasi bisnis berbasis TI dan jaringan komputer meningkat: *online banking, e-commerce, Electronic Data Interchange (EDI)*.
2. Desentralisasi server dan *distributed server* menyebabkan lebih banyak sistem yang harus ditangani.

3. Transisi dari *single vendor* ke *multi vendor*.
4. Meningkatnya kemampuan pemakai (*user*).
5. Kesulitan penegak hukum dan belum adanya ketentuan yang pasti.
6. Semakin kompleksnya sistem yang digunakan, semakin besarnya *source code* program yang digunakan.
7. Berhubungan dengan internet.
8. Mudahnya diperoleh software untuk menyerang komputer dan jaringan komputer
9. Perangkat hukum yang kurang akomodatif
10. Semakin kompleksnya sistem yang digunakan
11. Terjadinya lubang keamanan
12. Semakin banyak usaha yang memanfaatkan IT terutama berbasis jaringan.

Berdasarkan level, metode *Information Security* dibedakan berdasarkan level keamanan, dan disusun seperti piramida, yaitu:

1. Keamanan Level 0, merupakan keamanan fisik (*physical security*) atau keamanan tingkat awal. Apabila keamanan fisik sudah terjaga maka keamanan di dalam komputer juga akan terjaga.
2. Keamanan Level 1, terdiri dari *database security*, *data security*, dan *device security*. Pertama dari pembuatan database dilihat apakah menggunakan aplikasi yang sudah diakui keamanannya. Selanjutnya adalah memperhatikan *data security* yaitu pendesainan database, karena pendesain database harus memikirkan kemungkinan keamanan dari database. Terakhir adalah *device security* yaitu adalah yang dipakai untuk keamanan dari database tersebut.
3. Keamanan Level 2, yaitu keamanan dari segi keamanan jaringan. Keamanan ini sebagai tindak lanjut dari keamanan level 1.
4. Keamanan Level 3, merupakan *information security*. Informasi - informasi seperti kata sandi yang dikirimkan kepada teman atau file - file yang

penting, karena takut ada orang yang tidak sah mengetahui informasi tersebut.

5. Keamanan Level 4, keamanan ini adalah keseluruhan dari keamanan level 1 sampai level 3. Apabila ada satu dari keamanan itu tidak terpenuhi maka keamanan level 4 juga tidak terpenuhi.

Berdasarkan sistem, metode *Information Security* terbagi dalam beberapa bagian antara lain:

1. *Network Topology*

Sebuah jaringan komputer dapat dibagi atas kelompok jaringan eksternal (Internet atau pihak luar) kelompok jaringan internal dan kelompok jaringan eksternal diantaranya disebut *DeMilitarized Zone* (DMZ). - Pihak luar: Hanya dapat berhubungan dengan *host-host* yang berada pada jaringan DMZ, sesuai dengan kebutuhan yang ada. *Host-host* pada jaringan DMZ: Secara *default* dapat melakukan hubungan dengan *host-host* pada jaringan internal. Koneksi secara terbatas dapat dilakukan sesuai kebutuhan. *Host-host* pada jaringan Internal: *Host-host* pada jaringan internal tidak dapat melakukan koneksi ke jaringan luar, melainkan melalui perantara *host* pada jaringan DMZ, sehingga pihak luar tidak mengetahui keberadaan *host-host* pada jaringan komputer internal.

2. *Security Information Management*

Salah satu alat bantu yang dapat digunakan oleh pengelola jaringan komputer adalah *Security Information Management* (SIM). SIM berfungsi untuk menyediakan seluruh informasi yang terkait dengan pengamanan jaringan komputer secara terpusat. Pada perkembangannya SIM tidak hanya berfungsi untuk mengumpulkan data dari semua peralatan keamanan jaringan komputer tetapi juga memiliki kemampuan untuk analisis data melalui teknik korelasi dan query data terbatas sehingga menghasilkan peringatan dan laporan yang lebih lengkap dari masing-masing serangan. Dengan menggunakan SIM, pengelola jaringan komputer dapat mengetahui secara efektif jika

terjadi serangan dan dapat melakukan penanganan yang lebih terarah, sehingga organisasi keamanan jaringan komputer tersebut lebih terjamin.

3. IDS / IPS

Intrusion Detection system (IDS) dan *Intrusion Prevention system (IPS)* adalah sistem yang digunakan untuk mendeteksi dan melindungi sebuah sistem keamanan dari serangan pihak luar atau dalam. Pada IDS berbasis jaringan komputer, IDS akan menerima salinan paket yang ditujukan pada sebuah host untuk selanjutnya memeriksa paket-paket tersebut. Jika ditemukan paket yang berbahaya, maka IDS akan memberikan peringatan pada pengelola sistem. Karena paket yang diperiksa adalah salinan dari paket yang asli, maka jika ditemukan paket yang berbahaya maka paket tersebut akan tetap mencapai host yang ditujunya. Sebuah IPS bersifat lebih aktif daripada IDS. Bekerja sama dengan *firewall*, sebuah IPS dapat memberikan keputusan apakah sebuah paket dapat diterima atau tidak oleh sistem. Apabila IPS menemukan paket yang dikirimkan adalah paket berbahaya, maka IPS akan memberitahu *firewall system* untuk menolak paket data itu. Dalam membuat keputusan apakah sebuah paket data berbahaya atau tidak, IDS dan IPS dapat menggunakan metode *Signature based Intrusion Detection System*: Telah tersedia daftar signature yang dapat digunakan untuk menilai apakah paket yang dikirimkan berbahaya atau tidak.

Anomaly based Intrusion Detection System: Harus melakukan konfigurasi terhadap IDS dan IPS agar dapat mengetahui pola paket seperti apa saja yang akan ada pada sebuah sistem jaringan komputer. Paket *anomaly* adalah paket yang tidak sesuai dengan kebiasaan jaringan komputer tersebut.

4. Port Scanning

Metode *Port Scanning* biasanya digunakan oleh penyerang untuk mengetahui port apa saja yang terbuka dalam sebuah sistem jaringan komputer. Cara

kerjanya dengan cara mengirimkan paket inisiasi koneksi ke setiap port yang sudah ditentukan sebelumnya. Jika *port scanner* menerima jawaban dari sebuah port, maka ada aplikasi yang sedang bekerja dan siap menerima koneksi pada port tersebut.

5. *Packet Finger printing*

Dengan melakukan *packet finger printing*, kita dapat mengetahui peralatan apa saja yang ada dalam sebuah jaringan komputer. Hal ini sangat berguna terutama dalam sebuah organisasi besar di mana terdapat berbagai jenis peralatan jaringan komputer serta sistem operasi yang digunakan.

Ada tiga macam *Information Security* yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari antara lain:

1. Keamanan eksternal/*external security*
Berkaitan dengan pengamanan fasilitas komputer dari penyusup dan bencana seperti kebakaran/kebanjiran
2. Keamanan interface pemakai/*user interface security*
Berkaitan dengan indentifikasi pemakai sebelum pemakai diijinkan mengakses program dan data yang disimpan
3. Keamanan internal/*internal security*
Berkaitan dengan pengamanan beragam kendali yang dibangun pada perangkat keras dan sistem operasi yang menjamin operasi yang handal dan tak terkorupsi untuk menjaga integritas program dan data.

Dua masalah penting di kehidupan sehari-hari yang harus diperhatikan dalam *Information Security*:

1. Kehilangan *data/data loss*. Masalah *data loss* dapat disebabkan oleh:
 - Bencana
 - Kesalahan perangkat lunak dan perangkat keras
 - Kesalahan manusia / human error
2. Penyusup/*intruder*. Penyusup bisa dikategorikan kedalam dua jenis:

- Penyusup pasif yaitu membaca data yang tidak terotorisasi (tidak berhak mengakses)
- Penyusup aktif yaitu mengubah susunan sistem data yang tidak terotorisasi.

Selain itu ancaman lain terhadap *Information Security* bisa dikategorikan dalam empat macam:

1. Interupsi/*interruption*

Sumber daya sistem komputer dihancurkan sehingga tidak berfungsi. Contohnya penghancuran *harddisk* atau pemotongan kabel. Ini merupakan ancaman terhadap ketersediaan.

2. Intersepsi/*interception*

Orang yang tak diotorisasi dapat masuk / mengakses ke sumber daya sistem. Contohnya menyalin file yang terotorisasi. Ini merupakan ancaman terhadap kerahasiaan.

3. Modifikasi/*modification*

Orang yang tak diotorisasi tidak hanya dapat mengakses tetapi juga mengubah, merusak sumber daya. Contohnya mengubah isi pesan, atau mengacak program. Ini merupakan ancaman terhadap integritas

4. Fabrikasi/*fabrication*

Orang yang tak diotorisasi menyisipkan objek palsu ke dalam sistem. Contohnya memasukkan pesan palsu, menambah data palsu. Dari kategori yang ada diatas dan jika dikaitkan dalam kehidupan sehari-hari pasti kita akan menemukan masalah dalam komputer.

IX.1 Ancaman *Information Security*

Dibawah ini merupakan nama-nama ancaman yang sering dilihat dalam *Information Security*.

- a. *Adware*
- b. *Backdoor Trojan*
- c. *Bluejacking*
- d. *Bluesnarfing*
- e. *Boot Sector Viruses*
- f. *Browser Hijackers*
- g. *Chain Letters*

- h. *Cookies*
- i. *Denial of Service Attack*
- j. *Dialers*
- k. *Document Viruses*
- l. *Email Viruses*
- m. *Internet Worms*
- n. *Mobile Phone Viruses*

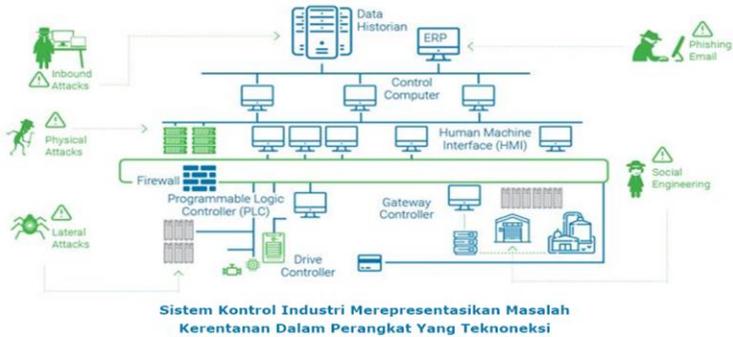
Jenis Ancaman *Information Security*:

Berikut ini adalah contoh ancaman-ancaman yang sering dilihat :

- a. *Virus*
- b. *Email Virus*
- c. *Internet Worms*
- d. *Spam*
- e. *Trojan Horse*
- f. *Spyware*
- g. Serangan *Brute-force*

Di era industri 4.0, organisasi sangat terhubung dengan perangkat pintar dan jaringan pintar mereka. Ini dapat merupakan target yang menguntungkan bagi para penjahat *cyber* yang menemukan banyak titik masuk yang lebih mudah dan tidak aman ke dalam jaringan dan perangkat. Semakin besar tingkat konektivitas, semakin risiko besar pula terhadap serangan dunia maya. *Cybersecurity* merupakan salah satu elemen inti dari Industry 4.0. Oleh karena itu keamanan dunia maya seharusnya tidak lagi dipandang sebagai fungsi teknologi informasi atau keamanan informasi saja. Mental *cybersecurity* perlu dibentuk dan merupakan bagian integral dari budaya dan strategi organisasi. Hal ini harus tercermin dalam setiap aspek organisasi, mulai dari strategi hingga perilaku individu karyawan. Visi keamanan siber terintegrasi harus menyelaraskan fungsi bisnis organisasi dengan kebutuhan para pemangku kepentingan dan menjadi strategi yang lebih dapat diterima.

Sebagai ilustrasi mengenai berbagai ancaman dunia maya yang tidak terduga dapat datang dari kekuatan asing yang bermusuhan (*hostile foreigner*), pesaing, peretas terorganisir, orang dalam (*insider*), konfigurasi yang buruk, dan vendor pihak ketiga perusahaan dapat dilihat pada beberapa gambar berikut.



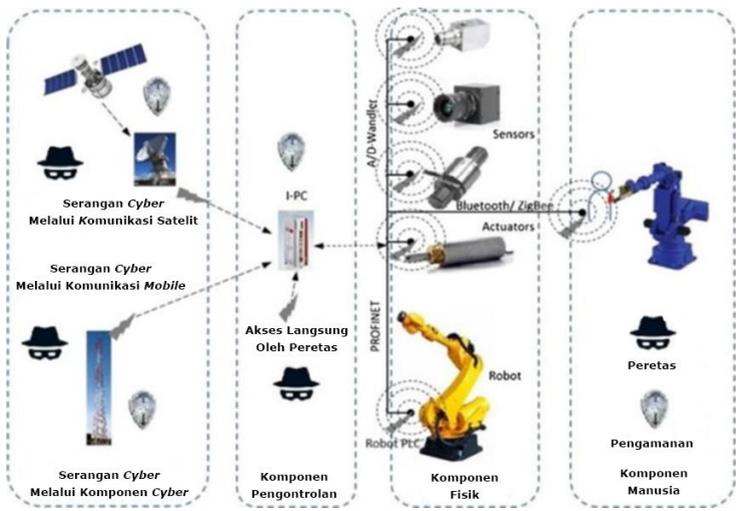
Gambar IX.1 Berbagai Ancaman pada Sistem Pengendalian Proses

Sumber:

<https://www.mocana.com/solutions/manufacturing>

Industrial control system (ICS) adalah istilah umum yang mencakup beberapa jenis sistem kontrol dan instrumentasi terkait yang digunakan untuk kontrol proses industri. Sistem tersebut dapat berkisar dari beberapa pengontrol yang dipasang di panel modular hingga sistem kontrol terdistribusi interkoneksi dan interaktif yang besar dengan ribuan koneksi. Semua sistem menerima data yang diterima dari variabel proses pengukuran sensor jarak jauh (PV), membandingkannya dengan set point yang diinginkan (SPs) dan memperoleh fungsi perintah yang digunakan untuk mengontrol suatu proses melalui elemen kontrol akhir (FCE), seperti katup kontrol.

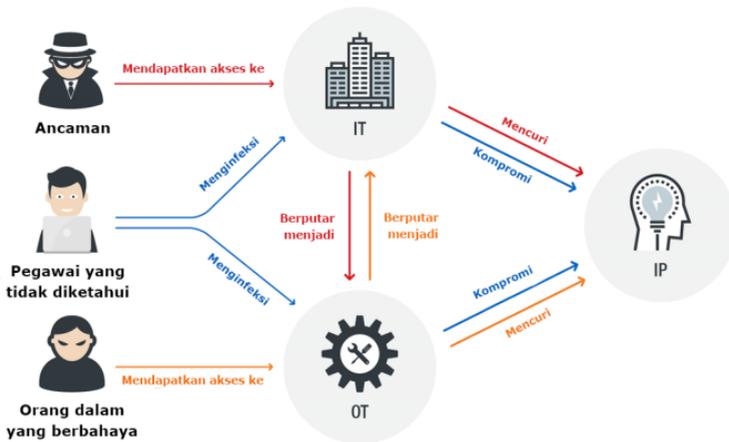
Sistem yang lebih besar biasanya diimplementasikan oleh sistem kontrol pengawas dan akuisisi data (SCADA), atau sistem kontrol terdistribusi (DCS), dan pengontrol logika yang dapat diprogram (PLC), meskipun sistem SCADA dan PLC dapat diskalakan hingga sistem kecil dengan sedikit loop kontrol. Sistem semacam itu banyak digunakan dalam industri seperti pemrosesan kimia, pembuatan pulp dan kertas, pembangkit listrik, pemrosesan minyak dan gas dan telekomunikasi.



Gambar IX.2 Jalur Serangan Siber Pada *Collaborative Robotic Cyber Physical System*

Serangan siber (*cyber-attack*) adalah jenis manuver ofensif yang digunakan oleh negara, individu, kelompok, atau organisasi yang menargetkan sistem informasi komputer, infrastruktur, jaringan komputer, dan/atau perangkat komputer pribadi dengan berbagai cara tindakan berbahaya yang biasanya berasal dari sumber anonim yang mencuri, mengubah, atau menghancurkan target yang ditentukan dengan cara

meretas sistem yang rentan. Serangan ini dapat diberi label sebagai kampanye siber, perang siber atau terorisme siber dalam konteks yang berbeda. Serangan siber dapat terjadi dari menginstal perangkat pengintai di komputer pribadi untuk mencoba menghancurkan infrastruktur seluruh negara. Serangan siber telah menjadi semakin canggih dan berbahaya seperti worm Stuxnet yang baru-baru ini ditunjukkan. Analisis perilaku pengguna dan SIEM digunakan untuk mencegah serangan tersebut.



Gambar IX.3 Bagaimana Ancaman Siber yang Menyerang Konvergensi IT, OT, dan IP

Penanganan sekuriti pada perusahaan Industri pada umumnya dikelola oleh tiga bagian terpisah, yaitu yang menangani sekuriti fisik, sekuriti teknologi informasi (TI) dan sekuriti operasional. Bagian sekuriti fisik bertugas mengamankan fisik dari gedung dan lokasi-lokasi penting perusahaan. Pada bagian inilah dikelola petugas-petugas pengamanan, pengaturan keamanan kawasan, dan sejenisnya. Adapun bagian sekuriti TI bertugas mengamankan aplikasi, server, database, jaringan dan sumber daya lain terkait teknologi

informasi. Sementara bagian sekuriti operasional bertugas melakukan pengamanan operasional produksi. Tugasnya mengamankan bagaimana agar proses produksi dapat dijaga stabilitasnya, yang bekerja selamat, lingkungan terjaga, dan kinerja operasinya optimal.

Dari perspektif penggunaannya, teknologi yang digunakan pada industri modern biasanya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu Teknologi Informasi (*Information Technology/IT*) dan Teknologi Operasional (*Operational Technology/OT*). Jika IT bertugas mengelola beragam sistem aplikasi, data dan berbagai infrastruktur pendukungnya, maka OT mengelola ribuan piranti (*device*) dimana sebagian besar diantaranya saling terkoneksi menggunakan teknik dan protokol komunikasi tertentu. Belakangan semakin banyak diantara piranti tersebut yang terhubung menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)*.

Keberhasilan penerapan *cybersecurity* pada dunia industri mutlak membutuhkan kerja sama antara sumber daya IT dan OT yang dimiliki. Pengawasan dan kepemimpinan yang kuat dibutuhkan untuk memastikan bahwa kedua pihak dapat melakukan saling kolaborasi dengan efektif.

Security Operation Center (SOC) yang efektif mutlak membutuhkan kolaborasi yang kuat antara para *senior engineer* di IT dan OT untuk bahu-membahu merespon setiap kejadian yang dapat membahayakan keamanan bisnis organisasi. Diperlukan sinergi yang kuat baik pada aspek orang, proses, maupun teknologi dari IT maupun OT. Tanpa pendekatan yang komprehensif, maka keamanan industri akan selalu menjadi sasaran empuk para penjahat di dunia *cyber*

Secara umum enam sumber ancaman siber adalah sebagai berikut:

- a. Negara
- b. Penjahat dunia maya (*cyber criminal*)
- c. Peretas (*hacktivist*)
- d. Orang dalam (*insider*) dan penyedia layanan
- e. Pengembang produk dan layanan di bawah standar
- f. Konfigurasi layanan *cloud* yang buruk

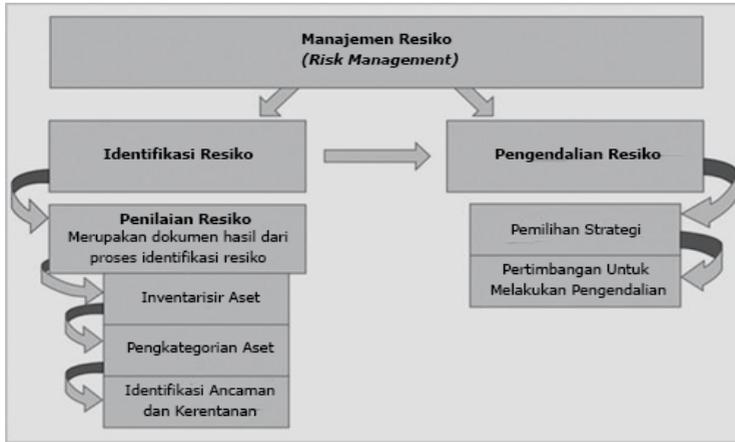
Hal-hal yang perlu dipertimbangkan yang dapat menjadi target potensial bagi penjahat *cyber* adalah sebagai berikut:

- a. Data pelanggan
- b. Data karyawan
- c. Kekayaan intelektual
- d. Vendor pihak ketiga dan keempat
- e. Kualitas dan keamanan produk
- f. Ketentuan dan harga kontrak
- g. Perencanaan strategis
- h. Data keuangan

IX.2 Manajemen Resiko (*Risk Management*)

Sebagai bagian dari *information security*, *risk management* adalah proses untuk mengidentifikasi resiko termasuk ancaman ancaman terhadap kelangsungan bisnis perusahaan dan bagaimana cara mengontrol ancaman ancaman tersebut. Salah satu program dari *risk management* adalah pembuatan dan penerapan *contingency planning*. Sebelum berbicara *contingency planning* secara lebih dalam, maka harus dipahami dulu konsep *risk management*.

Proses untuk mengidentifikasi *risk* dan mengontrol *risk* yang mungkin akan terjadi disebut *risk management*. Pada gambar dibawah ini, di tunjukkan dengan lebih jelas bagian-bagian dari *risk manajemen*, yaitu:

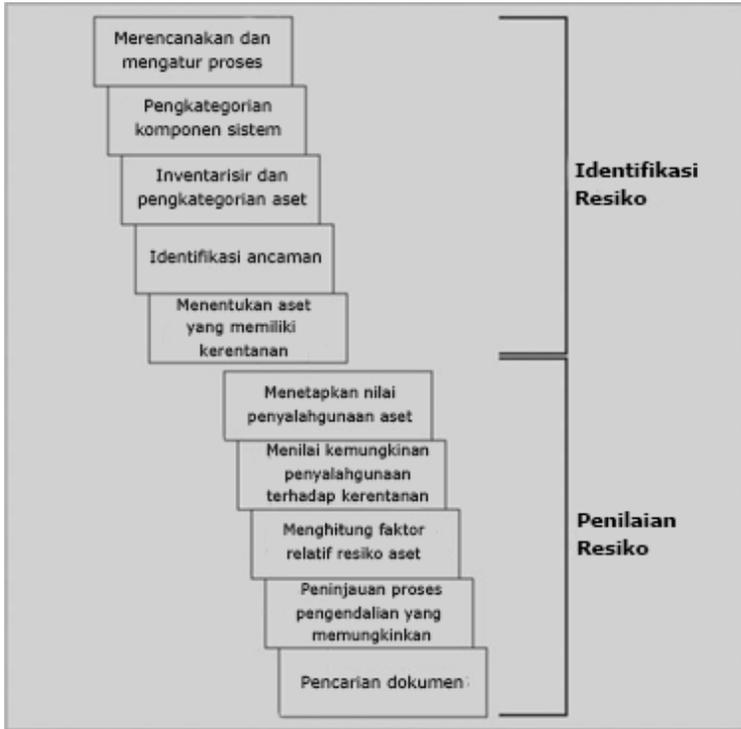


Gambar IX.4 Bagian-Bagian Dari *Risk Management*

1. Identifikasi Resiko (*Risk Identification*)

Identifikasi resiko adalah proses untuk mengidentifikasi dan membuat dokumen tentang semua ancaman yang mungkin terjadi. Pertama yang harus dikerjakan adalah membuat daftar semua ancaman atau resiko yang mungkin terjadi. Kegiatan ini dilakukan setelah indentifikasi asset selesai dilakukan. Setelah itu, langkah kedua, berbagai resiko tersebut dapat kita kelompokkan menjadi beberapa kelompok. Pengelompokan ini dapat berdasarkan berbagai macam kriteria. Pengelompokan ini dapat berdasar pada besar biaya yang harus dikeluarkan apabila ancaman atau resiko benar benar terjadi, atau dapat berdasarkan prioritas atau dapat berdasarkan yang lainnya disesuaikan dengan kebutuhan tiap tiap perusahaan. Butir-butir dan proses untuk mengidentifikasi resiko dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Gambar IX.5 Butir-butir untuk Mengidentifikasi Resiko



Selanjutnya pada tahap ini juga dilakukan *risk assessment*, yaitu sebuah proses untuk memilah mana ancaman yang sangat berpotensi untuk merugikan dan mana yang kemungkinan kecil dapat terjadi.

2. Risk control

Proses untuk mengontrol berbagai ancaman sehingga dapat mengurangi atau menghilangkan akibat dari berbagai ancaman terhadap informasi.

Pada dasarnya IT *risk management* ini mempunyai filosofi dari seorang ahli perang dari China yaitu jenderal Sun Tzu, beliau mempunyai konsep seperti dibawah ini:

"If you know the enemy and know yourself, you need not fear the result of a hundred battles. If you know yourself but not the enemy, for every victory gained you will also suffer a defeat. If you know neither the enemy nor yourself, you will succumb in every battle"

Pada filosofi diatas, apabila kita mengetahui kekuatan dan kemampuan musuh serta mengetahui kekuatan dan kemampuan kita sendiri maka kita dapat memprediksi resiko yang akan terjadi. Jika kita tidak mengetahui kekuatan lawan dan hanya mengetahui kekuatan dan kemampuan kita sendiri maka kemungkinan kita dapat mendapatkan kerugian dari resiko yang tidak kita ketahui. Adalah sangat berbahaya bila kita tidak mengetahui kekuatan musuh dan juga tidak mengetahui kekuatan kita sendiri.

Untuk mengetahui kekuatan dan kemampuan diri kita sendiri maka yang harus dilakukan adalah:

1. Identifikasi semua data dan informasi yang ada di tempat kita bekerja
2. Lakukan analisa terhadap semua data dan informasi tersebut
3. Pahami benar benar aliran data dan informasi tersebut
4. Identifikasi *asset*, yaitu semua *hardware* dan *software* yang digunakan untuk menyimpan, memproses dan mengirimkan data atau informasi.
5. Dalam melakukan analisa, dapat dipikirkan dengan menjawab pertanyaan sebagai berikut:
 - a. Bagaimana asset tersebut menjadi bernilai terhadap perusahaan
 - b. Apa saja kelemahan dari pada asset tersebut
 - c. Berapa lama sekali asset tersebut perlu diganti, atau di maintain
 - d. Apakah sudah ada *control* terhadap berbagai asset tersebut?

Untuk mengetahui kekuatan dan kemampuan resiko atau *enemy* maka yang harus dilakukan adalah:

1. Identifikasi semua ancaman yang ada di tempat kita bekerja
2. Lakukan analisa terhadap semua ancaman atau resiko tersebut
3. Pahami benar benar *scenario* ancaman tersebut
4. Identifikasi *control* yang ada terhadap semua ancaman yang ada.
5. Identifikasi juga *mitigation strategic*, termasuk biaya yang timbul dan keefektifannya

Manajemen risiko *cybersecurity* umumnya ditetapkan oleh manajemen atas (kepemimpinan), termasuk dewan direksi perusahaan dalam proses perencanaan. Perusahaan terbaik di kelasnya juga akan memiliki *Chief Information Security Officer* (CISO) yang secara langsung bertanggung jawab untuk menetapkan dan memelihara visi, strategi, dan program perusahaan untuk memastikan aset informasi dan data pelanggan dilindungi secara memadai.

Secara umum kegiatan pertahanan siber (*cyber defence*) yang dimiliki CISO meliputi:

1. Mengelola prosedur, pelatihan dan pengujian keamanan
2. Mempertahankan konfigurasi perangkat yang aman, perangkat lunak terbaru, dan patch kerentanan
3. Penempatan sistem deteksi intrusi dan pengujian penetrasi
4. Konfigurasi jaringan aman yang dapat mengelola dan melindungi jaringan bisnis
5. Penerapan perlindungan data dan program pencegahan kehilangan dan pemantauan
6. Pembatasan akses ke hak istimewa yang paling tidak diperlukan
7. Enkripsi data jika diperlukan
8. Konfigurasi layanan *cloud* yang tepat

9. Penerapan manajemen kerentanan dengan pemindaian internal dan pihak ketiga
10. Rekrutmen dan retensi profesional *cybersecurity*

Manajemen risiko *cybersecurity* adalah proses yang panjang dan merupakan proses yang berkelanjutan. Organisasi perusahaan tidak akan pernah aman. Serangan *cyber* dapat berasal dari tingkat mana pun di organisasi perusahaan.

Daftar Pustaka:

1. Abi Tyas Tunggal. 2019. What is *cybersecurity* risk? A thorough definition. Last update 30/11/2019. www.upguard.com
2. <https://www.mocana.com/solutions/manufacturing>
3. https://www.researchgate.net/figure/Cyber-attack-routes-in-CRCPS-and-logical-causal-effect-diagram-for-HRC_fig5_323517736
4. <https://www.secureworldexpo.com/industry-news/industry-4.0-and-cyber-security-report>
5. https://id.wikipedia.org/wiki/Serangan_dunia_maya
6. <https://manajemen-ti.com/blog/sekuriti-di-era-konvergensi-it-dan-ot/>

BAB X

ADDITIVE MANUFACTURING

Capaian Pembelajaran:
Mampu mengetahui dan memahami pengetahuan tentang:

- 1. Definisi manufaktur aditif**
- 2. Prinsip kerja manufaktur aditif**
- 3. Teknologi manufaktur aditif**
- 4. Kelebihan dan kekurangan teknologi manufaktur aditif**
- 5. Aplikasi manufaktur aditif**

Sejarah terbentuknya ide/konsep *additive manufacturing* pertama adalah pembuatan lapisan demi lapisan objek tiga dimensi menggunakan CAD (*Computer Aided Design*) yang dikenal sebagai "*rapid prototyping*", dan dikembangkan pada 1980-an pada pembuatan model dan prototipe komponen. (K. V.Wong and A. Hernandez, 2012). Jadi *rapid prototyping* adalah salah satu proses awal terbentuknya manufaktur aditif (*Additive Manufacturing-AM*), yang memungkinkan pembuatan komponen yang dicetak secara massal dengan bahan baku dari plastik/polimer atau logam, tidak hanya untuk pembuatan model saja.

Teknologi ini juga memiliki nama lain seperti *3D printing*, dan sebagainya, tetapi semuanya berasal dari konsep pembuatan "*rapid prototyping*".

X.1 Definisi Manufaktur Aditif

Manufaktur aditif (*Additive Manufacturing-AM*) adalah istilah standar industri resmi (ASTM F2792-*Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies*) untuk semua aplikasi teknologi. Ini didefinisikan sebagai proses penggabungan bahan untuk membuat objek dari data model 3D, biasanya lapisan demi

lapisan, yang berbeda dengan metodologi manufaktur subtraktif.

Sinonimnya bermacam-macam, antara lain fabrikasi aditif, proses aditif, teknik aditif, pembuatan lapisan aditif, pembuatan lapisan, dan fabrikasi bentuk bebas. Manufaktur aditif, yang dikenal juga sebagai *3D printing* ini, merupakan salah satu teknologi “disruptif” pada beberapa tahun terakhir ini dan akan berkembang terus selama setidaknya dekade pertama abad ke-21.

Menurut Gonzalez dkk (2018), teknologi manufaktur aditif (AM) ini dapat diidentifikasi sebagai salah satu “enabler” teknologi mutakhir saat ini dalam rangka peningkatan daya saing industri. Teknologi ini dianggap dapat mendorong perubahan paradigma dari produksi massal ke kustomisasi massal terutama pada beberapa sektor utama sebagai berikut: otomotif, kesehatan, dirgantara, energi dan barang-barang konsumen.

X.2 Prinsip Kerja Manufaktur Aditif

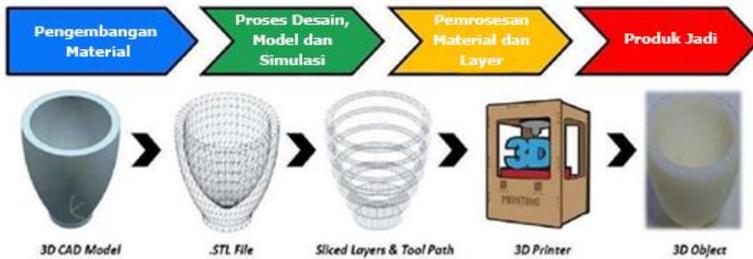
Prinsip AM adalah pembuatan "lapis demi lapis", dengan cara memproduksi elemen dimulai dari file/model 3D, kemudian membaginya menjadi "irisan", membentuk seluruh elemen secara progresif membentuk geometri, dengan menggunakan jumlah material yang tepat untuk membuat masing-masing lapisan. (Gonzalez dkk, 2018).

Secara umum, langkah-langkah pembuatan komponen melalui proses AM adalah sebagai berikut:

1. Proses dimulai dengan file 3D yang dapat berasal dari aplikasi CAD 3D apa pun, yang kemudian dikonversi ke format standar 3D, misal format .STL
2. Komponen tersebut dapat menghasilkan beberapa ketidakakuratan atau karakteristik yang mencegah pembuatan AM (misalnya geometri dengan risiko tinggi terkulai (*drooping*) ketika dicetak 3D, simpul

tidak-tertutup, kesalahan yang timbul dari proses konversi STL, dll.) Untuk itu diperlukan proses perbaikan untuk menjamin hasil manufaktur berikutnya yang lebih baik.

3. Setelah dipastikan bahwa komponen tersebut dapat diproduksi, proses pengirisan diterapkan ke file 3D. Proses ini mungkin merupakan tahap yang paling penting dari proses manufaktur aditif karena pembagian model 3D ini memungkinkan dapat diproduksi lapis demi lapis.
4. File yang dihasilkan kemudian siap dikirim ke mesin AM. Tergantung pada spesifikasi yang diperlukan, berbagai parameter mesin dapat dipilih (misalnya, lebar lapisan) dan setelah file tersebut diperbaiki, pembuatan dapat dimulai. Waktu produksi akan tergantung pada teknologi AM, jumlah komponen yang diproduksi secara bersamaan (*concurrent*), kompleksitas komponen dan lebar lapisan.
5. Setelah komponen tersebut selesai diproduksi, mungkin perlu dilakukan tahap berikutnya yaitu paska-pemrosesan. Namun masing-masing teknologi dapat membutuhkan metode yang berbeda-beda. Sebagai contoh, pada paska pemrosesan diperlukan penghilangan penopang struktur, dibutuhkan pengangkatan hasil produksi dengan alat mekanis, diperlukan perawatan lebih lanjut tergantung pada teknologi AM yang digunakan (misal *fine machining*, perawatan panas, pemolesan, dll)



Gambar X.1 Prinsip Kerja Manufaktur Aditif

Sumber:

https://www.researchgate.net/figure/Figure4-Flow-diagram-of-3D-printer-9_fig3_321487724

X.3 Teknologi Manufaktur Aditif

Teknologi manufaktur aditif dapat diklasifikasikan menurut konsep manufaktur paling dasar. Berdasarkan ISO/ASTM 52900:2015 (ASTM F2792) *Additive manufacturing-General principles-Terminology*, teknologi manufaktur aditif dapat dikelompokkan menjadi 7 (tujuh) golongan. Rincian dari masing-masing teknologi tersebut, baik uraian penjelasannya, material dan penggunaannya, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel X.1 Kelompok Utama Teknologi Manufaktur Aditif

Jenis Teknologi	Uraian Dasar	Material & Aplikasi
<i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM)	Lapisan selaras dengan peleburan dan pengekstrusian termoplastik melalui nozzel	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: termoplastik • Aplikasi pada umumnya: model ilustrasi dan sketsa/model fungsional (tergantung teknologi, dan aplikasi)
<i>Powder Bed Fusion</i> (PBF)	Lapisan dari bahan partikel halus diendapkan dan dilelehkan (<i>sintering</i>) dengan sumber pemanas selektif	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: plastik/logam • Aplikasi pada umumnya: model fungsional/komponen akhir
<i>Direct Energy Deposition</i> (DED)	Sangat mirip dengan proses pengelasan, nozzel yang dipasang lengan multi-sumbu mengendapkan material dan menyediakan sumber pemanas untuk membuat lapisan	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: logam • Aplikasi pada umumnya: model fungsional/komponen akhir
Vat Photopolymerization	Menggunakan resin photopolymer yang dapat melakukan " <i>curing</i> " secara selektif dengan penggunaan sinar UV	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: resin • Aplikasi pada umumnya: model ilustrasi dan sketsa/model fungsional (tergantung

Jenis Teknologi	Uraian Dasar	Material & Aplikasi
		teknologi, dan aplikasi)
Material Jetting	Sangat mirip dengan proses pencetakan tradisional, kepala pencetakan inkjet digunakan untuk menyimpan material yang membentuk setiap lapisan	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: resin/logam/wax • Aplikasi pada umumnya: model ilustrasi dan sketsa/model fungsional (tergantung teknologi, dan aplikasi)
Sheet Lamination	Material yang disimpan dalam gulungan diaplikasikan dan diikat di atas permukaan biasa (lapisan pertama) atau lapisan sebelumnya, dan kemudian dipotong sesuai bentuk yang diinginkan	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: kertas, komposit • Aplikasi pada umumnya: model ilustrasi dan sketsa (kertas), model fungsional/komponen akhir (komposit)
Binder Jetting	Lapisan material bubuk halus diendapkan dan diikat secara selektif oleh kepala pencetakan (<i>print head</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Material pada umumnya: batu pasir (Sandstone) • Aplikasi pada umumnya: Model ilustrasi dan sketsa

Sumber: Gonzales dkk, 2018.

Menurut Singamneni S dkk (2019) metode yang paling banyak digunakan adalah *Selective Laser Sintering (SLS)*, *Selective Laser Melting (SLM)*, *Electron Beam Melting (EBM)*, *Stereolithography (SLA)*, *ink-jet printing*, *Fused Deposition Modelling (FDM)* and *Direct Metal Deposition (MD)*. Sementara itu sebagai kandidat material dimungkinkan, sedang dikembangkan logam, polimer, keramik, dan komposit dengan kombinasi berbeda.

X.4 Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Manufaktur Aditif

Menurut Singamneni S, (2019), dinyatakan bahwa konversi langsung material menjadi bentuk 3D yang kompleks berdasarkan pada data digital yang dihasilkan dengan mengiris dan meraster file CAD memungkinkan penghematan waktu dan biaya yang signifikan. Sehingga teknologi ini cocok untuk memproduksi komponen produk akhir.

Menurut. K. V.Wong and A. Hernandez, (2012) di antara keuntungan dari proses manufaktur aditif dalam pengembangan produk adalah disamping pengurangan waktu dan biaya, juga adanya interaksi manusia, siklus pengembangan produk yang lebih pendek, dan kemungkinan untuk membuat hampir semua bentuk produk yang sulit dilakukan dengan menggunakan mesin (misal *CNC machining*).

Namun demikian *rapid prototyping* masih belum merupakan solusi terbaik untuk semua kasus. Dalam beberapa kasus proses pemesinan CNC masih dibutuhkan, dimana dimensi komponen yang dibuat bisa lebih besar dari *printer* manufaktur aditif. Disamping itu bahan untuk *rapid prototyping* juga masih terbatas.

Menurut Mehrpouya (2019) berbagai teknologi AM yang telah dikembangkan sampai saat ini tidak untuk menggantikan semua metode manufaktur tradisional (*CNC machining*) yang selama masih digunakan, tetapi untuk memperluas rentang proses seleksi untuk produsen dan pelanggan. Setiap proses memiliki kelebihan/kekurangannya sendiri dan pilihannya tergantung pada aplikasi.

Menurut Singamneni S, (2019), dan Mehrpouya (2019), karakteristik yang khas dari AM bila dibandingkan dengan metode manufaktur tradisional adalah konsumsi energi lebih rendah, efisiensi mekanis lebih baik, pemborosan material lebih sedikit, dan waktu desain serta "*manufacturing lead time*" lebih pendek. Studi kasus menunjukkan bahwa limbah material yang diperoleh dari proses AM berkurang 40% dibandingkan dengan metode tradisional, dan 95% hingga 98% dari limbahnya dapat didaur ulang.

Disamping itu, konsolidasi titik atau lapisan juga memungkinkan fleksibilitas desain yang lebih baik, tingkat kustomisasi yang lebih tinggi, "*lead time*" yang lebih rendah dan kemungkinan solusi rantai pasokan yang lebih baik.

Keuntungan lainnya adalah kebutuhan *fixtures*, *cutting tools*, *jigs*, dan *coolants* dan gerakan-gerakan kerja khusus dapat diiadakan, karena proses AM mampu memproduksi bentuk-bentuk 3D yang kompleks langsung dari data digital.

Tabel X.2 Kelebihan dan kekurangan teknologi AM

Kelebihan	Kekurangan
1. <u>Kompleksitas komponen.</u> Teknologi AM yang merupakan proses fabrikasi lapis demi lapis mampu membuat	1. <u>Rinci/presisi.</u> Teknologi tradisional (manufaktur subtraktif) memiliki keakuratan lebih signifikan daripada teknologi manufaktur

Kelebihan	Kekurangan
geometri komponen dengan kompleksitas besar, dengan rongga (<i>cavity</i>) dan bentuk yang tidak mungkin diperoleh dengan teknologi tradisional.	aditif. Secara umum, $\pm 0, X00$ mm (AM) vs kurang dari $0, XX0$ mm (tradisional)
<p>2. <u>Lead time (First part/short series).</u> Kemampuan untuk menghasilkan komponen dari file 3D membuat teknologi ini tidak terkalahkan ketika memproduksi komponen pertama (<i>first part</i>), karena kebutuhan alat (<i>tool</i>) atau cetakan (<i>mold</i>) ditiadakan.</p>	<p>2. <u>Long batches.</u> Meskipun aspek-aspek seperti kecepatan dan biaya bahan baku terus diperbaiki, ketika untuk memproduksi komponen/ produk dalam jumlah besar, teknologi AM cenderung lebih lambat dan lebih mahal daripada yang tradisional.</p>
<p>3. <u>Customization.</u> Karena tidak ada "tooling" tambahan yang diperlukan, pembuatan komponen yang dimodifikasi sama mudahnya dengan pembuatan desain aslinya.</p>	<p>3. <u>Ketersediaan berbagai material.</u> Meskipun berbagai material yang tersedia untuk proses AM terus meningkat (terutama plastik dan logam dan, baru-baru ini, keramik), tapi jumlahnya masih terbatas dibandingkan dengan material yang tersedia untuk teknologi lainnya.</p>
<p>4. <u>Biaya tetap lebih rendah untuk pengembangan produk dan seri produk pertama.</u></p>	<p>4. <u>Kualitas dan sertifikasi.</u> Teknologi AM masih merupakan teknologi yang relatif baru, oleh</p>

Kelebihan	Kekurangan
Karena tidak ada investasi tambahan yang diperlukan untuk "tooling", "mold", dll., maka dimungkinkan penurunan biaya awal pada pembuatan <i>prototipe</i> dan seri produk pertama.	karena itu masih terdapat ketidakpastian dan kurangnya standar untuk memastikan kualitas jangka panjang dari komponen yang diproduksi.

Sumber: Gonzales dkk (2018).



Gambar X.2 Perbedaan antara Manufaktur Subtraktif dan Manufaktur Aditif

Sumber: <https://www.cmac.com.au/blog/3d-printing-or-cnc-machining-which-suits-project>

X.5 Aplikasi Manufaktur Aditif

Berdasarkan ketiga fitur keunggulan utama proses AM yang telah dibahas sebelumnya, yaitu, waktu, biaya, dan fleksibilitas, maka banyak industri sudah mulai tertarik untuk menggunakan teknologi AM, terutama industri yang membutuhkan pembuatan *prototipe* cepat dan/atau pembuatan komponen, yang

mempunyai jumlah rendah untuk komponen yang akan diproduksi dengan spesifikasi tertentu (kompleks) sesuai dengan permintaan konsumen. Menurut Mehrpouya (2019), komponen AM yang diproduksi di industri otomotif dan dirgantara telah memberikan andil sebesar 20% dari seluruh pasar AM.

Para pemimpin industri pesawat terbang telah menjajaki kemungkinan penggunaan AM untuk menghasilkan berbagai komponen pesawat terbang seperti engsel, braket, komponen interior. Teknologi AM ini mendorong badan pesawat menjadi lebih ringan, sehingga efisiensi penggunaan bahan bakar menjadi lebih baik. Disamping sektor otomotif dan dirgantara, aplikasi AM juga terdapat pada industri seni, kesehatan dan bahkan industri arsitektur.

Daftar Pustaka:

1. David Santos González, Almudena González Álvarez. 2018. AM Manufacturing Feasibility Study & Technology Demonstration. EDA AM State of the Art & Strategic Report. European Defence Agency.
2. K. V.Wong and A. Hernandez. 2012. A Review of AdditiveManufacturing. International Scholarly Research Network ISRN Mechanical Engineering Volume 2012
3. Mehrshad Mehrpouya 1,* , Amir Dehghanhadikolaei 2 , Behzad Fotovvati 3 , Alireza Vosooghnia 4 , Sattar S. Emamian 5 and Annamaria Gisario 6. (2019) The Potential of Additive Manufacturing in the Smart Factory Industrial 4.0: A Review. MDPI. Applied Sciences. 2019, 9, 3865
4. Singamneni S, Yifan LV, Hewitt A, Chalk R, Thomas W, Jordison D (2019) Additive Manufacturing for the Aircraft Industri: A Review. J Aeronaut Aerospace Eng, 8: 215

