

TEKNOLOGI *INTERNET-OF-THINGS* (IOT): FUNDAMENTAL UNTUK PRAKTIKSI

Santo Wijaya, S.T., M.Eng., CIoTP

Wahyu Wijaya Wijayanto, S.Kom., M.Kom., CIoTP

Rizdam Firly, S.Pd., M.T.

Andhika, S.Kom., M.Kom.

Dr. Arief Ramadhan, S.Kom., M.Si.



GETPRESS INDONESIA

**TEKNOLOGI *INTERNET-OF-THINGS* (IOT):
FUNDAMENTAL UNTUK PRAKTIKSI**

Penulis : Santo Wijaya, S.T., M.Eng., CloTP
Wahyu Wijaya Wijayanto, S.Kom., M.Kom., CloTP
Rizdam Firly, S.Pd., M.T.
Andhika, S.Kom., M.Kom.
Dr. Arief Ramadhan, S.Kom., M.Si.

ISBN :

Editor : Dina Ediana, M.Kom
Penyunting: Hendra Purnama, M.Kom.
Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd.

Penerbit: GETPRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:
Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah, Padang, Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Februari 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami sampaikan ke hadirat Tuhan SWT yang selalu melimpahkan Karunia-Nya kepada kita sehingga sampai hari ini masih diberi Rahmat dan kemudahan untuk selalu terbuka akal pikiran, mata, dan hati dalam rangka mencari ilmu. Teknologi Internet-of-Things (IoT) telah menjadi fenomena yang mendasar dalam dunia teknologi modern. Dengan kehadiran IoT, dunia kita telah mengalami transformasi besar dalam cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Dari rumah pintar yang menghubungkan segala perangkat elektronik, hingga perkotaan cerdas yang mengoptimalkan infrastruktur perkotaan, IoT telah memberikan solusi inovatif untuk berbagai tantangan di era digital ini.

Dalam buku ini, "Teknologi Internet-of-Things (IoT): Fundamental untuk Praktisi", kami dengan bangga mempersembahkan pengetahuan mendalam tentang dunia yang menarik ini kepada Anda, para praktisi dan peminat teknologi. Buku ini merupakan kompilasi yang cermat dan terperinci dari konsep dasar hingga aspek yang lebih kompleks tentang IoT, dirancang khusus untuk membantu Anda memahami dasar-dasar teknologi ini dengan mudah.

Kami percaya bahwa kehadiran buku ini akan menjadi sumber pengetahuan berharga bagi Anda, baik Anda seorang profesional di industri teknologi yang ingin mengembangkan keahlian Anda, maupun mahasiswa yang tertarik untuk memperdalam pemahaman tentang IoT. Buku ini menyajikan materi yang komprehensif, didukung oleh contoh praktis, studi kasus, dan panduan implementasi yang relevan.

Para pembaca akan dihadapkan pada pemahaman mendalam tentang bagaimana IoT beroperasi, bagaimana jaringan dan perangkat terhubung, serta bagaimana data yang dihasilkan dari IoT dapat diolah untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup. Kami berharap buku ini dapat memberikan wawasan yang mendalam dan inspiratif, sekaligus memicu semangat Anda untuk berkontribusi dalam perkembangan teknologi IoT di masa depan.

Sebagai penulis, kami berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan inspirasi dalam penulisan buku ini. Kami juga berharap agar buku ini dapat memberikan kontribusi positif bagi kemajuan teknologi, dan semoga membantu Anda, para pembaca, dalam memahami teknologi Internet-of-Things (IoT) dan menerapkannya dalam berbagai bidang kehidupan.

Jakarta, Februari 2024
Penulis,

Santo Wijaya, S.T., M.Eng

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I APA ITU <i>INTERNET OF THINGS</i> (IOT)?.....	1
1.1 Latar belakang IoT.....	1
1.2 Definisi IoT.....	4
1.3 Aplikasi IoT.....	7
1.3 Manfaat IoT.....	10
1.4 Tantangan IoT.....	12
1.5 Mengapa IoT Penting?.....	13
BAB II ARSITEKTUR <i>INTERNET OF THINGS</i> (IOT).....	17
2.1 Tinjauan Arsitektur IoT.....	17
2.2 Sensor dan Perangkat IoT.....	21
2.3 Protokol Komunikasi IoT.....	26
2.3.1 HTTP (HyperText Transfer Protocol).....	26
2.3.2 Bluetooth.....	27
2.3.3 Zigbee.....	27
2.3.4 MQTT.....	28
2.4 Platform dan Gateway IoT.....	28
2.4.1 Platform IoT.....	28
2.4.2 Gateway IoT.....	44
2.5 Analitik IoT dan Manajemen Data.....	48
2.5.1 Definisi IoT Analytics.....	48
2.5.2 Manajemen Data.....	49
BAB III KEAMANAN DAN PRIVASI <i>INTERNET OF THINGS</i> (IOT).....	55
3.1 Risiko dan Ancaman Keamanan IoT.....	55
3.2 Label RFID.....	57
3.3 Wireless Sensor Network (WSN).....	58
3.4 Langkah - Langkah Keamanan IoT.....	60
3.5 Masalah Privasi IoT.....	62
3.5.1 Sifat Pribadi Informasi yang Dikumpulkan.....	63
3.5.2 Sifat Terdistribusi Penyimpanan dan Pemrosesan Data... 64	
3.6 Kerangka regulasi IoT.....	65
BAB IV STUDI PENGGUNAAN <i>INTERNET OF THINGS</i> (IOT).....	69
4.1 IoT di Bidang Perawatan Kesehatan.....	69
4.1.1 Pemantauan Pasien Jarak Jauh (<i>Remote Patient Monitoring</i>).....	69

4.1.2 Pengembangan Rumah Sakit Pintar (<i>Smart Hospital</i>).....	70
4.1.3 <i>Telemedicine</i>	72
4.1.4 Keamanan dan Perlindungan Data Kesehatan Pribadi	73
4.2 IoT di Bidang Transportasi.....	74
4.2.1 Manajemen Armada Transportasi	74
4.2.2 Manajemen Lalu Lintas.....	74
4.2.3 Manajemen Logistik.....	75
4.2.4 Kendaraan Otonom (<i>Autonomous Vehicles</i>).....	76
4.3 IoT di Bidang Pertanian	78
4.4 IoT di Rumah Tempat Tinggal.....	81
4.4.1 Otomasi Tempat Tinggal (<i>Home Automation</i>)	81
4.4.2. Layanan Sistem Keamanan Rumah	82
4.4.3 Rumah Pintar (<i>Smart Home</i>).....	82
4.5 IoT di Bidang Manufaktur	83
4.6 IoT di Bidang Energi dan Utilitas	85
BAB V FUNDAMENTAL PROYEK INTERNET OF THINGS (IOT)	89
5.1 Siklus Pengembangan IoT	89
5.2 Inklusi Keamanan Siber dalam Siklus Pengembangan IoT	99
5.3 <i>Best-Practice</i> Pengembangan IoT	100
5.4 Pandangan Etis untuk Pengembangan dan Penerapan IoT	102
BAB VI MASA DEPAN INTERNET OF THINGS (IOT)	105
6.1 Tren Terkini di Bidang IoT	105
6.1.1 <i>Edge Computing</i>	106
6.1.2 Kecerdasan Buatan/ <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	108
6.1.3 Konektivitas 5G.....	110
6.2 Kemajuan dalam Teknologi IoT.....	112
6.3 Tantangan dan Peluang di Masa Depan IoT	114
6.3.1 Evolusi Ekonomi dan Bisnis	114
6.3.2 Transformasi Industri.....	114
6.3.3 Kolaborasi dan Kemitraan.....	115
6.3.4 Kesehatan dan Lingkungan.....	115
DAFTAR PUSTAKA	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Perkembangan Revolusi Industri dan Teknologi Utamanya	2
Gambar 1. 2. Ilustrasi Komponen Utama Penyusun Sistem IoT.....	7
Gambar 1. 3. Ilustrasi Pentingnya IoT di dalam Ekosistem Perangkat Pintar	14
Gambar 2. 1. Arsitektur IoT.....	18
Gambar 2. 2. Layer IoT dan Komponennya	20
Gambar 2. 3. Sensor Suhu (<i>Temperature Sensor</i>)	21
Gambar 2. 4. Sensor Kelembapan (<i>Humidity Sensor</i>)	22
Gambar 2. 5. Sensor Tekanan (<i>Pressure Sensor</i>).....	23
Gambar 2. 6. Sensor Jarak.....	23
Gambar 2. 7. Sensor <i>Flow Meter</i>	24
Gambar 2. 8. Sensor Gas.....	24
Gambar 2. 9. Sensor Infra Merah.....	25
Gambar 2. 10. Sensor Cahaya	25
Gambar 2. 11. Sensor Optik.....	26
Gambar 2. 12. Ilustrasi <i>Platform IoT</i>	29
Gambar 2. 13. <i>Firebase</i>	29
Gambar 2. 14. <i>Ubidots</i>	31
Gambar 2. 15. <i>Platform ThinkSpeak</i>	33
Gambar 2. 16. Blynk.....	33
Gambar 2. 17. Implementasi Blynk.....	35
Gambar 2. 18. Antares	36
Gambar 2. 19. Logo <i>ThingsBoard</i>	37
Gambar 2. 20. Visualisasi ThingsBoard.....	38
Gambar 2. 21. Skalabilitas Thingsboard.....	39
Gambar 2. 22. UI Thinger.io.....	39
Gambar 2. 23. Simulasi Web Server	43
Gambar 2. 24. Ilustrasi Proyek ESP32 lokal webserver	43
Gambar 3. 1. Ilustrasi Ancaman IoT.....	57
Gambar 3. 2. Contoh Label RFID.....	58
Gambar 3. 3. Ilustrasi <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i>	60
Gambar 3. 4. Contoh Domain arsitektur keamanan	62
Gambar 3. 5. Libelium Smart World dengan IoT	65
Gambar 3. 6. <i>Regulatory Impact Analysis (RIA)</i>	65
Gambar 4. 1. Penggunaan Sensor untuk Memantau Kondisi Kesehatan dari Jarak Jauh	70

Gambar 4. 2. Aplikasi Hasil Pemanfaatan IoT yang Terintegrasi dengan Operasional Fasilitas Kesehatan	71
Gambar 4. 3. Ilustrasi <i>Telemedicine</i>	72
Gambar 4. 4. Purwarupa <i>Autonomous Vehicle</i> yang Dicetuskan oleh Google	76
Gambar 4. 5. Ilustrasi Penerapan IoT dalam Sektor Pertanian	79
Gambar 4. 6. Ilustrasi <i>Smart Home</i>	83
Gambar 4. 7. Peran Dominan IoT dalam Revolusi Industri 4.0	84
Gambar 4. 8. Ilustrasi <i>Smart Grid</i> yang Mengintegrasikan Jaringan Transmisi Distribusi Tenaga Listrik dengan Memanfaatkan Jaringan Internet.....	86
Gambar 5. 1. Ilustrasi Siklus Pengembangan Proyek IoT	89
Gambar 6. 1. Arsitektur <i>Edge Computing</i>	108

BAB I

APA ITU *INTERNET OF THINGS* (IOT)?

1.1 Latar belakang IoT

Perkembangan IoT tidak dapat dilepaskan dari Revolusi Industri yang ditimbulkan akibat perkembangan teknologi yang diciptakan manusia. Revolusi Industri telah mengubah dunia pada skala yang belum pernah terjadi sebelumnya. Gambar 1 memperlihatkan ilustrasi tahapan perkembangan Revolusi Industri Pertama sampai Revolusi Industri Keempat serta teknologi utama dari masing-masing tahap.

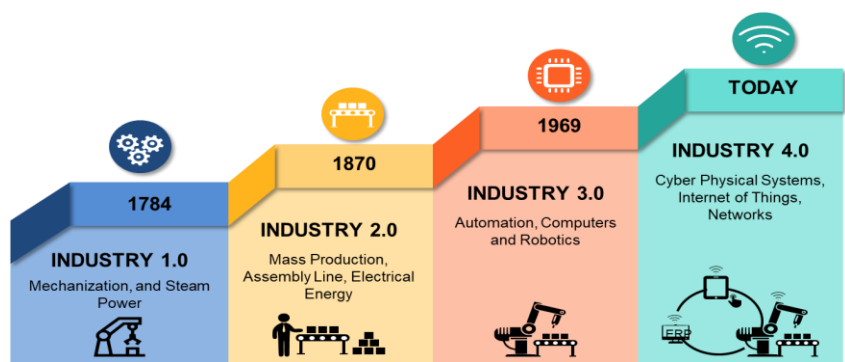
Revolusi Industri Pertama dimulai pada abad ke-18 dan berlangsung hingga pertengahan abad ke-19. Revolusi ini dimulai di Inggris dan melibatkan penggunaan mesin uap, mesin tenun, dan teknologi mekanis lainnya untuk mempercepat produksi. Akibatnya, produksi barang-barang massal menjadi mungkin untuk pertama kalinya. Revolusi Industri Pertama adalah tahap awal dari perkembangan industri modern dan memberikan fondasi untuk perkembangan industri di masa depan.

Revolusi Industri Kedua dimulai pada akhir abad ke-19 dan berlangsung hingga awal abad ke-20. Revolusi ini melibatkan penggunaan listrik dan mesin diesel sebagai sumber energi. Ini memungkinkan produksi yang lebih efisien dan juga memungkinkan transportasi yang lebih cepat dan lebih murah. Revolusi Industri Kedua mempercepat pertumbuhan ekonomi dan membuka lapangan kerja baru di seluruh dunia.

Revolusi Industri Ketiga dimulai pada akhir abad ke-20 dan berlangsung hingga akhir abad ke-20. Revolusi ini melibatkan penggunaan teknologi komputer dan teknologi informasi untuk

otomatisasi dan pemrosesan data. Ini mengubah cara kerja industri dan meningkatkan efisiensi produksi. Revolusi Industri Ketiga juga memungkinkan globalisasi dan perdagangan internasional yang lebih besar.

Revolusi Industri Keempat adalah revolusi saat ini, yang berfokus pada teknologi digital, otomatisasi, dan konektivitas. Konsep *Cyber Physical System* (CPS) merupakan kerangka dasar dari Revolusi Industri Keempat. CPS melibatkan sensor untuk mengukur dan mendapatkan data dari lingkungan, software untuk membuat model dari sistem fisik, mesin pintar untuk memproses data dan mengatur kondisi operasional, serta jaringan internet global untuk mengatur dan mengkoordinasikan sistem secara menyeluruh. CPS melibatkan penggunaan teknologi seperti *Internet-of-Things* (IoT), *big data*, dan kecerdasan buatan untuk menciptakan sistem industri yang terhubung.



Gambar 1. 1. Perkembangan Revolusi Industri dan Teknologi Utamanya.

Sumber: Datacakra.com

IoT adalah salah satu teknologi utama dalam Revolusi Industri Keempat karena memungkinkan perangkat untuk terhubung dan berkomunikasi satu sama lain, memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara *real-time*, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas. IoT telah menjadi topik yang sering

dibahas sebagai salah satu teknologi kunci Revolusi Industri 4.0 dalam beberapa tahun terakhir.

IoT merupakan sistem dengan jaringan perangkat dan sensor yang saling terhubung yang tertanam dalam objek sehari-hari dan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet dan bertukar data, memungkinkan pemantauan, analisis, dan kontrol waktu nyata dari berbagai sistem dan proses. IoT mengubah cara kita berinteraksi dengan lingkungan kita dan membuka peluang baru untuk inovasi dan pertumbuhan di berbagai industri. Misalnya, perangkat berkemampuan IoT dapat digunakan di rumah untuk memantau dan mengontrol sistem pemanas dan pendingin, penerangan, dan keamanan sistem, antara lain. Dalam pengaturan industri, IoT dapat digunakan untuk memantau mesin dan peralatan, melacak inventaris dan rantai pasokan, dan mengoptimalkan proses produksi.

Salah satu manfaat utama IoT adalah memungkinkan pengumpulan data dalam jumlah besar dari berbagai sumber. Data ini dapat digunakan untuk mendapatkan wawasan tentang cara kerja sistem dan untuk mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan. Misalnya, dalam sebuah pabrik manufaktur, sensor dapat digunakan untuk memantau kinerja peralatan dan mengidentifikasi kapan pemeliharaan diperlukan untuk mencegah kerusakan dan meminimalkan waktu henti. Di kota pintar, data yang dikumpulkan dari sensor dapat digunakan untuk mengoptimalkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan, sehingga menghasilkan emisi yang lebih rendah dan kualitas udara yang lebih baik. Manfaat utama lainnya dari IoT adalah dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Dengan mengotomatiskan proses dan mengaktifkan pemantauan dan kontrol waktu nyata, IoT dapat mengurangi pemborosan dan meningkatkan keakuratan pengambilan keputusan. Misalnya, di sebuah peternakan, sensor dapat digunakan untuk memantau tingkat kelembapan tanah dan menyesuaikan irigasi secara otomatis untuk memastikan tanaman menerima jumlah air yang optimal. Dalam pengaturan logistik, IoT dapat digunakan untuk melacak lokasi dan

status barang dalam perjalanan, memungkinkan perencanaan dan koordinasi pengiriman yang lebih baik.

Namun, dengan manfaat IoT datanglah tantangan yang signifikan. Salah satu tantangan utama adalah keamanan. Perangkat IoT rentan terhadap serangan dunia maya, dan potensi pelanggaran data dan kegagalan sistem tinggi. Dan sistem berkomunikasi satu sama lain, memastikan bahwa mereka dapat bekerja sama dengan mulus merupakan tantangan yang signifikan. Terlepas dari tantangan ini, potensi IoT sangat besar. IoT memiliki potensi untuk mengubah industri dan meningkatkan cara kita hidup dan bekerja. Semakin banyak perangkat yang terhubung ke internet, jumlah data yang dapat dikumpulkan dan dianalisis akan meningkat, memimpin untuk wawasan dan peluang inovasi yang lebih besar. IoT adalah bidang yang menarik, dan akan menjadi teknologi disruptif ketika kita melihat bagaimana perkembangannya di tahun-tahun mendatang.

1.2 Definisi IoT

IoT adalah jaringan perangkat dan sistem yang saling terhubung yang dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Perangkat ini dilengkapi dengan sensor, aktuator, dan komponen lain yang memungkinkan mereka mengumpulkan dan bertukar data dengan perangkat dan sistem lain. IoT berbeda dari sistem komputasi tradisional dalam beberapa hal. Pertama, sistem komputasi tradisional biasanya terpusat, dengan data dan kekuatan pemrosesan berada di satu lokasi, seperti server atau pusat data. Sebaliknya, IoT terdesentralisasi, dengan data dan kekuatan pemrosesan didistribusikan ke berbagai perangkat dan sistem. Hal ini memungkinkan IoT untuk beroperasi lebih efisien dan efektif, karena data dapat diproses dan ditindaklanjuti secara real-time.

Perbedaan utama lainnya antara IoT dan sistem komputasi tradisional adalah bahwa perangkat IoT seringkali berukuran kecil dan berdaya rendah. Mereka dirancang untuk disematkan pada objek sehari-hari, seperti peralatan, kendaraan, dan bangunan, dan untuk

beroperasi secara mandiri dalam waktu lama tanpa campur tangan manusia. Hal ini dimungkinkan oleh kemajuan dalam miniaturisasi dan efisiensi daya, yang memungkinkan terciptanya perangkat kecil berdaya rendah yang dapat beroperasi dengan daya baterai selama berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun.

Komponen IoT terdiri atas tiga unsur utama, yaitu: Perangkat IoT, Komputasi Awan (*Cloud Computing*), and *Software*, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2. Perangkat inti IoT meliputi sensor, aktuator, dan konektivitas. Sensor adalah perangkat yang dapat mendeteksi dan mengukur perubahan lingkungan, seperti suhu, kelembaban, atau gerakan. Aktuator adalah perangkat yang dapat digunakan untuk mengontrol lingkungan, seperti motor atau katup. Konektivitas mengacu pada kemampuan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain melalui internet.

Sensor adalah komponen penting dari IoT, karena memungkinkan perangkat mengumpulkan data tentang lingkungan. Ada berbagai jenis sensor, antara lain sensor suhu, sensor tekanan, dan sensor gerak. Sensor dapat disematkan di berbagai objek, mulai dari kendaraan hingga peralatan rumah tangga hingga peralatan industri.

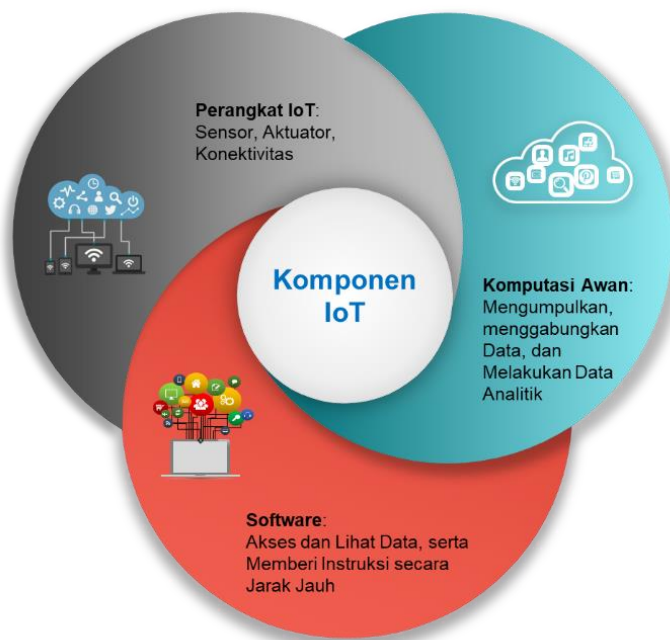
Aktuator adalah komponen penting lainnya dari IoT, karena memungkinkan perangkat untuk mengontrol lingkungan. Misalnya, termostat berkemampuan IoT mungkin menggunakan aktuator untuk menyalakan sistem pemanas atau pendingin di rumah. Demikian pula, katup berkemampuan IoT dapat digunakan untuk mengontrol aliran air dalam sistem irigasi.

Konektivitas adalah perekat yang menyatukan IoT, memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Ada banyak teknologi konektivitas berbeda yang digunakan di IoT, antara lain Wi-Fi, Bluetooth, dan jaringan seluler. Teknologi ini memungkinkan perangkat untuk bertukar data dan perintah satu sama lain secara *real-time*, memungkinkan pembuatan aplikasi IoT yang kompleks.

Komputasi awan adalah model layanan komputasi di mana sumber daya komputasi, seperti server, jaringan, dan perangkat lunak, disediakan melalui internet. Ketika IoT dan komputasi awan digabungkan, perangkat IoT dapat mengirimkan data ke server awan untuk diolah dan dianalisis menggunakan algoritma atau perangkat lunak. Data yang dianalisis dapat membantu organisasi untuk membuat keputusan yang lebih baik, mengidentifikasi pola atau tren, atau memprediksi kejadian di masa depan. Selain itu, layanan komputasi awan juga memungkinkan perangkat IoT untuk memiliki akses ke sumber daya komputasi yang lebih besar dan bertenaga, serta menyediakan kapasitas penyimpanan yang lebih besar dan kemampuan pemrosesan yang lebih cepat. Hal ini memungkinkan perangkat IoT untuk melakukan tugas yang lebih kompleks, seperti analisis data secara real-time atau pengenalan wajah. Dengan demikian, komputasi awan dan IoT saling melengkapi dalam mengoptimalkan penggunaan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT dan memberikan solusi bisnis yang lebih canggih dan efektif.

Software adalah program atau aplikasi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan bisnis atau teknologi tertentu. Dalam konteks IoT, *software* dapat membantu organisasi dalam menerjemahkan data IoT menjadi informasi yang berguna, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat. Contohnya, *software* dapat membantu memonitor dan mengontrol perangkat IoT dari jarak jauh, melakukan analisis data secara *real-time*, atau bahkan memprediksi kejadian di masa depan berdasarkan data historis. Selain itu, *software* juga memungkinkan pengembangan aplikasi atau platform untuk memudahkan interaksi dengan perangkat IoT, sehingga memungkinkan integrasi yang lebih mudah antara perangkat IoT dan solusi perangkat lunak. Dengan demikian, *software* dan IoT saling melengkapi dalam mengoptimalkan penggunaan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT dan memberikan solusi bisnis yang lebih canggih dan efektif.

Singkatnya, IoT adalah jaringan perangkat dan sistem yang saling terhubung yang dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet. Ini berbeda dari sistem komputasi tradisional karena terdesentralisasi, dengan data dan kekuatan pemrosesan didistribusikan di beberapa perangkat dan sistem. Perangkat inti IoT meliputi sensor, aktuator, dan konektivitas, yang bekerja sama untuk memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data serta kontrol lingkungan. Dengan IoT, potensi inovasi dan pertumbuhan sangat besar, dan ini merupakan bidang menarik yang mengubah cara kita hidup dan bekerja.



Gambar 1. 2. Ilustrasi Komponen Utama Penyusun Sistem IoT.

1.3 Aplikasi IoT

IoT memiliki potensi untuk mentransformasi hampir setiap industri, mulai dari perawatan kesehatan hingga transportasi hingga manufaktur dan seterusnya. Dengan mengaktifkan perangkat untuk

mengumpulkan dan bertukar data secara real-time, IoT memungkinkan pembuatan aplikasi dan layanan baru yang sebelumnya tidak terbayangkan.

Salah satu area yang paling menjanjikan untuk IoT adalah perawatan kesehatan. Perangkat medis berkemampuan IoT, seperti sensor yang dapat dipakai dan sistem pemantauan jarak jauh, membantu meningkatkan hasil pasien dengan memberikan data real-time kepada dokter dan perawat tentang kesehatan dan kesejahteraan pasien. Misalnya, sensor yang dapat dipakai yang melacak tanda-tanda vital pasien dapat memperingatkan penyedia layanan kesehatan tentang potensi masalah kesehatan sebelum menjadi serius. Demikian pula, sistem pemantauan jarak jauh yang melacak kepatuhan pengobatan dapat membantu mencegah interaksi obat yang berbahaya.

Transportasi adalah area lain di mana IoT memiliki dampak yang signifikan. Sensor dan sistem yang mendukung IoT digunakan untuk meningkatkan arus lalu lintas, mengurangi kecelakaan, dan meningkatkan efisiensi jaringan transportasi secara keseluruhan. Misalnya, sensor yang tertanam di jalan raya dapat mendeteksi pola lalu lintas dan mengatur sinyal lalu lintas secara real-time untuk mengurangi kemacetan. Demikian pula, sistem komunikasi kendaraan-ke-kendaraan (V2V) berkemampuan IoT dapat membantu mencegah kecelakaan dengan memberikan informasi real-time kepada pengemudi tentang kendaraan terdekat dan kondisi jalan.

Di industri manufaktur, IoT digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi dan meningkatkan kualitas produk. Sensor dan sistem yang mendukung IoT dapat memantau jalur produksi secara real-time, mendeteksi dan memperbaiki masalah sebelum menjadi serius. Misalnya, sensor dapat mendeteksi kapan mesin akan gagal dan memberitahu petugas pemeliharaan sebelum mesin mati. Demikian pula, sistem kontrol kualitas berkemampuan IoT dapat mendeteksi dan menolak produk cacat sebelum mereka meninggalkan pabrik, meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan dan mengurangi pemborosan.

Di bidang pertanian, IoT digunakan untuk mengoptimalkan hasil panen dan mengurangi limbah. Sensor dan sistem berkemampuan IoT dapat memantau tingkat kelembaban tanah, suhu, dan faktor lingkungan lainnya secara real-time, memungkinkan petani membuat keputusan yang lebih tepat tentang penanaman dan irigasi. Demikian pula, sistem pemantauan tanaman yang didukung IoT dapat mendeteksi dan memperingatkan petani tentang serangan hama dan masalah lain sebelum menyebabkan kerusakan yang signifikan.

Rumah pintar adalah area lain di mana IoT memiliki dampak yang signifikan. Sistem otomasi rumah berkemampuan IoT dapat mengontrol segalanya mulai dari pencahayaan dan pemanas hingga keamanan dan hiburan, memungkinkan pemilik rumah mengelola rumah mereka dengan lebih efisien dan efektif. Misalnya, thermostat cerdas dapat menyesuaikan suhu rumah berdasarkan preferensi penghuni, menghemat energi, dan mengurangi biaya pemanasan dan pendinginan.

Terakhir, perusahaan energi dan utilitas menggunakan IoT untuk mengoptimalkan operasi mereka dan meningkatkan efisiensi. Sensor dan sistem yang mendukung IoT dapat memantau penggunaan energi secara real-time, membantu perusahaan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi energi. Demikian pula, jaringan pintar berkemampuan IoT dapat menyeimbangkan pasokan dan permintaan energi secara real-time, mengurangi risiko pemadaman listrik dan gangguan lainnya.

Kesimpulannya, IoT memiliki dampak signifikan pada hampir setiap industri, mulai dari perawatan kesehatan hingga transportasi hingga manufaktur dan seterusnya. Dengan mengaktifkan perangkat untuk mengumpulkan dan bertukar data secara real-time, IoT memungkinkan pembuatan aplikasi dan layanan baru yang sebelumnya tidak terbayangkan. Dengan potensi untuk mengubah cara kita hidup dan bekerja, IoT adalah bidang menarik yang baru mulai menyadari potensi penuhnya.

1.3 Manfaat IoT

IoT mengubah cara kita hidup dan bekerja, dan manfaatnya sangat besar. Berikut adalah beberapa manfaat utama IoT dan bagaimana IoT membuat hidup kita lebih mudah, lebih aman, dan lebih efisien.

Peningkatan Produktivitas. IoT memungkinkan bisnis mengotomatiskan proses, mengurangi tenaga kerja manual, dan mengoptimalkan alur kerja. Hal ini menghasilkan peningkatan produktivitas dan efisiensi, memungkinkan bisnis untuk beroperasi lebih efektif dan menghasilkan keuntungan yang lebih tinggi. Misalnya, sensor berkemampuan IoT dapat digunakan untuk memantau mesin dan peralatan secara real-time, memungkinkan produsen mengidentifikasi masalah sebelum menjadi kritis dan mengurangi waktu henti.

Pengurangan Biaya. IoT membantu bisnis mengurangi biaya dengan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan manajemen sumber daya yang lebih efisien. Perangkat berkemampuan IoT dapat digunakan untuk melacak aset dan inventaris, mengoptimalkan penggunaan energi, dan mengurangi pemborosan, sehingga menghasilkan penghematan biaya yang signifikan. Misalnya, sistem logistik yang mendukung IoT dapat memberikan pelacakan pengiriman secara real-time, memungkinkan produsen mengelola inventaris dengan lebih baik dan mengurangi pemborosan.

Peningkatan Kualitas Hidup. IoT membuat hidup kita lebih mudah dan nyaman dengan memungkinkan otomatisasi dan kontrol tingkat baru. Perangkat berkemampuan IoT dapat digunakan untuk mengontrol peralatan rumah tangga, penerangan, pemanas, dan sistem pendingin, memungkinkan pemilik rumah untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi biaya. Selain itu, IoT dapat mengaktifkan sistem keamanan rumah, memungkinkan pemilik rumah memantau rumah mereka dari jarak jauh dan menerima peringatan jika terjadi pelanggaran keamanan.

Peningkatan Keselamatan dan Keamanan. IoT meningkatkan keselamatan dan keamanan dalam berbagai pengaturan, dari rumah hingga tempat kerja hingga ruang publik. Perangkat berkemampuan IoT dapat digunakan untuk memantau bahaya, mendeteksi pelanggaran keamanan, dan memberi tahu pihak berwenang jika terjadi keadaan darurat. Misalnya, sensor berkemampuan IoT dapat digunakan untuk memantau kualitas udara di ruang publik, memperingatkan pihak berwenang jika tingkat polusi melebihi batas aman.

Kesehatan dan Perawatan Kesehatan yang Lebih Baik. IoT merevolusi industri perawatan kesehatan, memungkinkan tingkat baru perawatan dan efisiensi pasien. Perangkat IoT dapat digunakan untuk memantau kesehatan pasien secara *real-time*, memungkinkan penyedia layanan kesehatan untuk menanggapi masalah kesehatan sebelum menjadi kritis. Misalnya, perangkat yang dapat dikenakan dengan IoT dapat melacak tanda-tanda vital pasien, seperti detak jantung, tekanan darah, dan suhu, serta memberi tahu penyedia layanan kesehatan jika ada perubahan yang signifikan. Hal ini dapat meningkatkan hasil pasien dan mengurangi kebutuhan untuk rawat inap.

Sustainabilitas. IoT membantu bisnis dan individu mengurangi jejak lingkungan mereka dengan memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan pengurangan limbah. Perangkat berkemampuan IoT dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi konsumsi air, dan melacak emisi, menghasilkan gaya hidup yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kesimpulannya, IoT memberikan berbagai manfaat di seluruh industri, mulai dari peningkatan produktivitas dan pengurangan biaya hingga peningkatan kualitas hidup dan keselamatan. Seiring dengan perkembangan teknologi, kita dapat mengharapkan manfaat yang lebih besar di masa depan, memungkinkan kita untuk hidup dan bekerja dengan cara yang lebih efisien, berkelanjutan, dan terhubung.

1.4 Tantangan IoT

Penyebaran IoT memiliki potensi untuk mengubah hampir setiap aspek kehidupan kita, mulai dari cara kita bekerja dan bermain hingga cara kita berinteraksi dengan lingkungan kita. Namun, dengan potensi ini muncul sejumlah tantangan yang harus diatasi agar IoT berhasil. Di bagian ini, kita akan menjelajahi beberapa tantangan utama IoT dan bagaimana cara mengatasinya.

Salah satu tantangan IoT yang paling signifikan adalah **PRIVASI**. Perangkat IoT mengumpulkan dan mengirimkan sejumlah besar data, yang sebagian besar bersifat sensitif atau pribadi. Hal ini dapat menimbulkan masalah privasi yang signifikan, karena individu mungkin tidak mengetahui data apa yang dikumpulkan, bagaimana data tersebut digunakan, atau siapa yang memiliki akses ke data tersebut. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk merancang sistem IoT dengan mempertimbangkan privasi, memastikan bahwa data dikumpulkan dan digunakan secara transparan dan bertanggung jawab. Hal ini dapat mencakup penerapan teknologi peningkatan privasi, seperti anonimisasi dan enkripsi data, serta memberikan pemberitahuan privasi yang jelas dan ringkas kepada pengguna.

Tantangan signifikan lainnya dari IoT adalah **KEAMANAN**. Perangkat IoT sering terhubung ke internet, membuatnya rentan terhadap peretasan dan ancaman keamanan lainnya. Ini dapat menimbulkan risiko yang signifikan, karena penjahat dunia maya mungkin dapat mengakses data sensitif, mengganggu sistem penting, atau bahkan menyebabkan kerusakan fisik. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk menerapkan langkah-langkah keamanan yang kuat, seperti kata sandi yang kuat, enkripsi, dan firewall, serta memperbarui dan menambal perangkat IoT secara rutin untuk mengatasi kerentanan yang diketahui.

KEPEMILIKAN DATA adalah tantangan lain dari IoT. Dengan begitu banyak data yang dihasilkan oleh perangkat IoT, sulit untuk menentukan siapa yang memiliki dan memiliki kendali atas data tersebut. Hal ini dapat menimbulkan tantangan hukum dan etika yang signifikan, khususnya dalam kasus di mana data digunakan untuk

tujuan komersial atau dibagikan dengan pihak ketiga. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk menetapkan pedoman dan standar yang jelas untuk kepemilikan dan kontrol data, dan untuk memastikan bahwa pengguna memiliki suara dalam cara data mereka dikumpulkan, digunakan, dan dibagikan.

STANDARISASI adalah tantangan lain dari IoT. Dengan banyaknya perangkat dan sistem berbeda yang terlibat dalam IoT, terdapat risiko fragmentasi dan ketidakcocokan, yang dapat menghambat pengembangan aplikasi dan layanan baru. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk menetapkan standar dan protokol umum untuk perangkat dan sistem IoT, memastikan bahwa keduanya dapat bekerja sama dengan lancar dan efisien.

Terakhir, **BIAYA PENERAPAN** IoT bisa menjadi tantangan yang signifikan. Perangkat dan sistem IoT bisa mahal untuk dikembangkan, diterapkan, dan dipelihara, terutama untuk organisasi dan individu yang lebih kecil. Untuk mengatasi tantangan ini, penting untuk mengeksplorasi model bisnis baru dan mekanisme pendanaan yang dapat membantu menjadikan IoT lebih mudah diakses dan terjangkau, seperti perangkat lunak sumber terbuka, infrastruktur bersama, dan kemitraan publik-swasta.

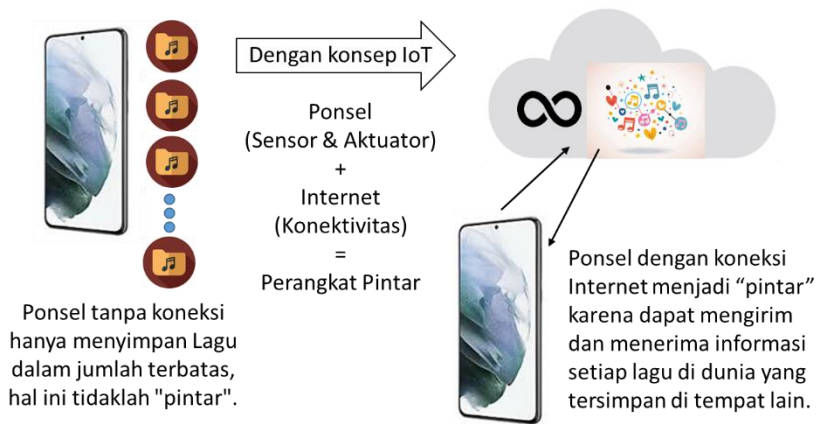
Kesimpulannya, penyebaran IoT menghadirkan sejumlah tantangan signifikan yang harus diatasi jika IoT ingin berhasil. Tantangan tersebut meliputi privasi, keamanan, kepemilikan data, standarisasi, dan biaya. Dengan mengatasi tantangan ini, kami dapat membantu memastikan bahwa IoT mewujudkan potensi penuhnya, mengubah cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan kita.

1.5 Mengapa IoT Penting?

IoT adalah bidang yang berkembang pesat dengan potensi untuk mengubah hampir setiap aspek kehidupan kita. Dalam bab ini, kami telah memperkenalkan konsep IoT dan menjelaskan apa itu IoT, cara kerjanya, dan perbedaannya dari sistem komputasi tradisional. Kami telah menjelajahi komponen inti IoT, seperti sensor, aktuator, dan

konektivitas, dan bagaimana komponen tersebut bekerja sama untuk mengaktifkan aplikasi IoT. Kami juga telah memeriksa beberapa aplikasi IoT yang paling umum di berbagai industri, termasuk perawatan kesehatan, transportasi, manufaktur, pertanian, rumah pintar, serta energi dan utilitas.

Sementara potensi IoT signifikan, hal itu juga menghadirkan sejumlah tantangan yang harus diatasi jika ingin berhasil. Kita telah menjelajahi secara umum beberapa tantangan utama IoT, termasuk privasi, keamanan, kepemilikan data, standardisasi, dan biaya, serta cara mengatasinya. Dengan mengatasi tantangan ini dapat membantu memastikan bahwa IoT mewujudkan potensi penuhnya dan mengubah cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan kita. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi implementasi konsep IoT di dalam ekosistem perangkat pintar seperti telepon seluler (Ponsel). Ponsel menjadi perangkat pintar ketika memanfaatkan konektivitas internet sehingga dalam hal keterbatasan memori dalam menyimpan lagu dapat dihilangkan, bahkan dapat mengirim dan menerima informasi setiap lagu di dunia yang tersimpan di tempat lain (penyimpanan berbasis awan/ *cloud*).



Gambar 1. 3. Ilustrasi Pentingnya IoT di dalam Ekosistem Perangkat Pintar

Secara umum, bab ini telah mengatur tahapan untuk bagian buku selanjutnya dengan memperkenalkan pembaca pada dasar-dasar IoT serta peluang dan tantangan yang menyertainya. Bagian selanjutnya dari buku ini akan menggali lebih dalam aspek spesifik IoT, termasuk komponen teknisnya, aplikasi potensialnya di berbagai industri, dan kerangka kerja kebijakan dan peraturan yang mengaturnya. Di bagian akhir buku ini, pembaca akan memiliki pemahaman yang komprehensif tentang IoT dan signifikansinya dalam kehidupan kita sehari-hari, serta fundamental proyek IoT yang perlu diperhatikan, dan perkembangan IoT di masa depan.

BAB II

ARSITEKTUR INTERNET OF THINGS (IOT)

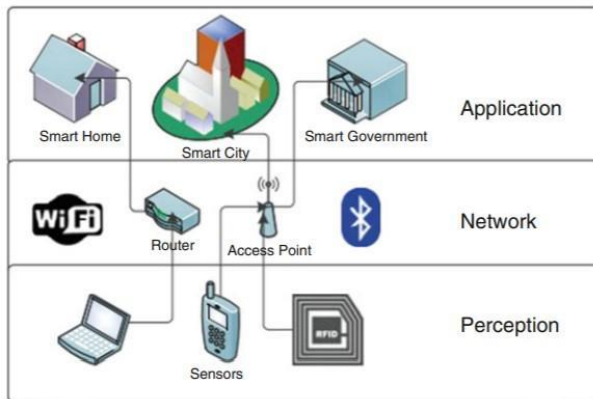
Internet of things merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet.

IoT memiliki hubungan yang erat dengan istilah *machine-to-machine* atau M2M. Seluruh alat yang memiliki kemampuan komunikasi M2M ini sering disebut dengan perangkat cerdas atau *smart devices*. Perangkat cerdas ini diharapkan dapat membantu kerja manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada.

2.1 Tinjauan Arsitektur IoT

Saat ini teknologi didunia berkembang begitu cepat. Selama kurang waktu dua decade, berbagai macam perkembangan inovasi teknologi seperti *smart home*, *smart city*, *smart car* dan *automation machine* sudah diaplikasikan pada kehidupan manusia. Hal tersebut disebabkan peran dari internet sebagai media penghubung *device to device* dengan menggunakan komunikasi *wireless*. Salah satu teknologi yang lagi tren saat ini dapat menghubungkan segala sesuatu dengan memanfaatkan komunikasi *wireless* yaitu IoT (*Internet of things*). Teknologi ini memfasilitasi agar segala sesuatu dapat di kontrol dengan cepat dan mudah. IoT akan menjadi teknologi masa depan karena semua objek akan saling terhubung dan tersedia secara *online* sehingga dapat dengan mudah untuk berkomunikasi.

Di samping kelebihan teknologi IoT karena kemudahan dan kecepatan dalam berbagi informasi. Namun, kelebihan tersebut dapat menjadi sebuah masalah jika tidak ada mekanisme yang efektif untuk melindungi informasi pribadi. Faktor keamanan menjadi konsentrasi utama dari penerapan teknologi IoT tetapi saat ini dirasa cukup sulit dikarenakan *device* pada IoT memiliki variasi yang beragam dikarenakan diproduksi dari berbagai macam vendor yang memiliki kebijakan keamanan yang berbeda-beda. Pada dasarnya dalam membangun arsitektur IoT terdiri dari tiga layer yaitu *Perception layer*, *Network layer* dan *Application layer*.



Gambar 2. 1. Arsitektur IoT

Sumber: Febriantono

1. *Perception Layer*

Dimana *perception layer* memiliki kemiripan seperti *physical layer* pada model *OSI*, *OSI Layer* adalah sebuah konsep yang memungkinkan pertukaran informasi terjadi antara berbagai jenis sistem komunikasi komputer, dengan menggunakan protokol standar, yaitu TCP/IP. Pada *perception layer* memiliki beberapa jenis sensor dan aktuator seperti QR code, RFID, infrared, ZigBee, dll. Sensor tersebut menghasilkan data kemudian diproses untuk memperoleh informasi yang akan dikirimkan ke *Network layer*.

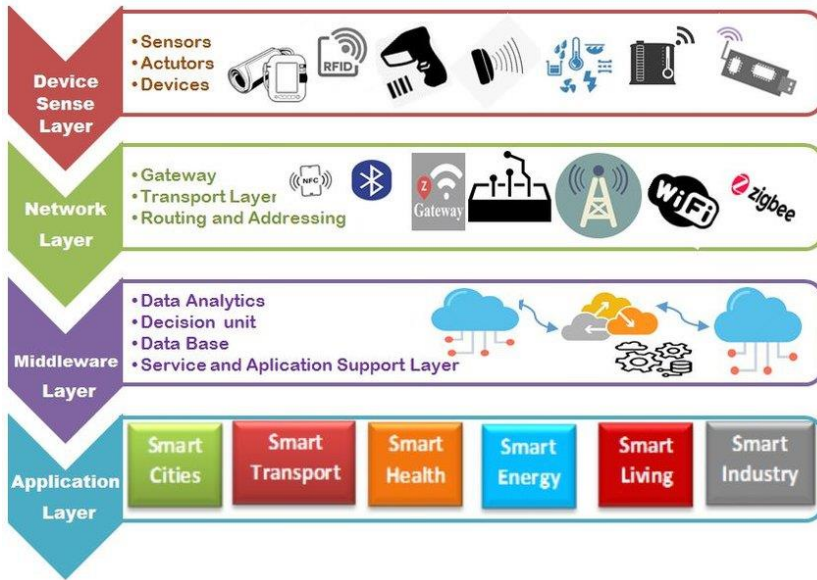
2. *Network Layer*

Layer ini bertanggung jawab untuk mentransmisikan dan melakukan routing pada data yang telah diterima dari *perception layer*. Device yang digunakan pada layer ini yaitu router, switches dan gateway. Device tersebut menjadi media penghubung antara device IoT.

3. *Application Layer*

Layer ini memiliki peran dalam kerahasiaan, keaslian dan integritas data. Tujuan dari proses informasi akhir IoT yaitu pada layer ini. Dimana pada *application layer*, informasi yang diterima dapat diterapkan menjadi sebuah teknologi yang cerdas seperti smart home, smart car, smart health, dll.

Setiap layer pada IoT rentan menghadapi berbagai jenis serangan keamanan, serangan ini bisa bersifat aktif maupun pasif dan mereka dapat disebabkan dari pihak internal maupun eksternal. Pada serangan aktif serangan yang dilakukan dengan memblokir layanan jaringan sedangkan serangan pasif akan mengambil informasi data *pada* jaringan IoT secara diam-diam. Pada *perception layer* rentan terhadap ancaman keamanan di lingkungan outdoor karena memiliki multi access wireless. Pada Network layer rentan terhadap serangan DoS dimana termasuk serangan pasif karena mampu memblokir jaringan. Sedangkan pada *application layer* masalah yang terjadi sulitnya memastikan otentikasi dan privasi. Sehingga ketika perangkat yang terhubung mengalami *overhead* atau kelebihan pengguna maka ini akan menyebabkan tidak tersedianya layanan jaringan. Penggunaan teknologi IoT masih menjadi tantangan ke depannya untuk mengembangkan sebuah mekanisme identifikasi baru, *hardware* dan *software* untuk mengatasi keamanan pada IoT seperti *identification*, *authentication*, *access control* dan *confidentiality*.



Gambar 2. 2. Layer IoT dan Komponennya

Sumber: bou-Nassar et al. (2020)

Untuk membuat suatu ekosistem IoT, tidak hanya memerlukan perangkat-perangkat yang pintar, melainkan juga berbagai unsur pendukung lain di dalamnya. Yang pertama ada kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) adalah sistem kecerdasan yang dimiliki oleh manusia yang diimplementasikan atau diprogram di dalam mesin agar mesin dapat berpikir dan berlaku layaknya manusia. AI ini sendiri memiliki beberapa cabang, salah satunya adalah *machine learning*.

Dalam IoT, hampir semua mesin atau alat dapat menjadi mesin pintar. Itu berarti IoT sangat berdampak pada seluruh aspek kehidupan. AI ini bertugas untuk mengumpulkan data, perancangan dan pengembangan algoritma, serta pemasangan jaringan.

2.2 Sensor dan Perangkat IoT

Unsur ini merupakan unsur pembeda mesin IoT dengan mesin canggih lainnya. Dengan adanya sensor ini mesin mampu menentukan instrumen yang dapat mengubah mesin IoT dari yang semula bersifat pasif menjadi mesin atau alat yang bersifat aktif dan terintegrasi.

Sensor memiliki peranan yang penting, mereka diciptakan untuk menunjang kinerja sistem Internet of things sehingga dapat bekerja secara optimal. Secara garis besar, sensor adalah alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi sesuatu. Objek yang dapat dideteksi dapat berupa suhu, cahaya, kecepatan, jarak, suara bahkan dapat mengukur besaran sesuatu. Seiring berkembangnya industri 4.0 di bidang teknologi, ada banyak jenis sensor IoT yang digunakan. Berikut ini merupakan beberapa sensor yang umum digunakan:

1. Sensor Suhu (*Temperature Sensor*)

Sensor suhu atau *temperature* berfungsi untuk melakukan pengukuran jumlah energi panas dari suatu sumber, memungkinkan sensor ini untuk mendeteksi perubahan suhu dan merekam perubahan itu menjadi sebuah data. Sensor suhu ini banyak digunakan dalam sistem IoT, mesin yang digunakan dalam produksi sering kali membutuhkan suhu lingkungan pada tingkat tertentu. Contohnya saja dalam industri pertanian, dimana suhu tanaman merupakan faktor penting untuk tanaman bertumbuh.

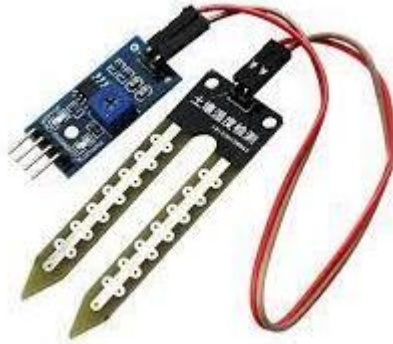


Gambar 2. 3. Sensor Suhu (*Temperature Sensor*)

Sumber: WikElektronika

2. Sensor Kelembapan (*Humidity Sensor*)

Meskipun sedikit mirip dengan sensor suhu, namun sensor jenis ini lebih kepada mengukur jumlah uap air di atmosfer, udara, atau gas lainnya. Sensor ini dapat ditemukan di banyak tempat seperti rumah sakit dan tempat meteorologi untuk memprediksi cuaca. Sensor kelembapan atau humidity ini biasanya dapat kita temukan dalam sistem pemanas, ventilasi dan pendingin udara.



Gambar 2. 4. Sensor Kelembapan (*Humidity Sensor*)

Sumber: WikElektronika

3. Sensor Tekanan (*Pressure Sensor*)

Jenis sensor yang sering digunakan dalam bidang IoT lainnya adalah sensor tekanan atau *pressure sensor*. Seperti namanya, sensor ini digunakan untuk mendeteksi perubahan tekanan. Contoh penggunaan umumnya adalah sistem pemantauan tekanan ban (*Tyre Pressure Monitoring System*), sensor tekanan akan mengingatkan pengemudi saat tekanan ban terlalu rendah. Sensor tekanan dapat ditemukan pada kendaraan pintar dan pesawat terbang untuk menentukan kekuatan dan ketinggian.

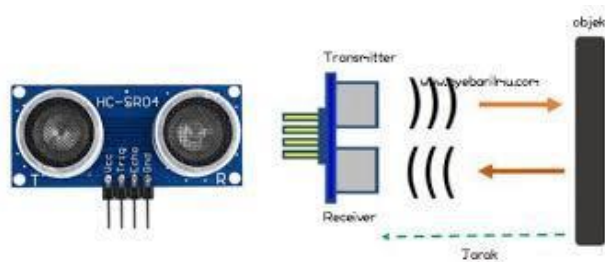


Gambar 2. 5. Sensor Tekanan (*Pressure Sensor*)

Sumber: WikElektronika

4. Sensor Jarak

Sensor jarak atau *proximity* merupakan sensor yang sangat cocok untuk diterapkan pada aplikasi yang membutuhkan perhitungan jarak antara suatu benda dengan benda yang lain. Sensor jarak ini digunakan untuk mendeteksi objek-objek yang tidak terhubung didekat sensor. Sensor jenis ini memancarkan medan elektromagnetik atau radiasi seperti infra merah. Penggunaan sensor ini banyak diterapkan pada industri ritel, karena mampu mendeteksi gerakan antara pelanggan dengan produk yang disukai. Sensor ini juga digunakan pada area parkir, jalur perakitan dan distribusi manufaktur.



Gambar 2. 6. Sensor Jarak

Sumber: WikElektronika

5. Sensor *Flow Meter*

Flow Meter Sensor merupakan alat yang penggunaannya untuk menentukan keberadaan bahan aliran seperti zat cair, gas atau bubuk dalam jalur aliran, kemudian kecepatan aliran dan massa atau total volume material yang mengalir. Sensor *flow meter* bekerja

dengan bermacam cara tergantung dari jenis flow meter itu. Ada yang berdasarkan pada kecepatan aliran, perbedaan tekanan, variasi suhu, volume ruang dan lainnya.



Gambar 2. 7. Sensor *Flow Meter*

Sumber: WikElektronika

6. Sensor Gas

Memantau dan mendeteksi perubahan kualitas udara merupakan fungsi dari sensor gas. Sensor ini dapat mendeteksi adanya gas beracun, mudah terbakar atau berbahaya. Bidang industri yang paling umum menggunakan teknologi sensor gas adalah pertambangan, minyak dan gas, penelitian dan manufaktur kimia. Contoh yang sering kita temukan di kehidupan sehari-hari adalah detektor karbondioksida yang biasanya digunakan di rumah.



Gambar 2. 8. Sensor Gas

Sumber: WikElektronika

7. Sensor Infra Merah

Sensor ini memiliki kemampuan utama untuk mendeteksi radiasi inframerah pada sebuah perangkat elektronik. Sensor ini juga mampu mengukur panas yang dipancarkan suatu benda. Sensor inframerah sering digunakan dalam berbagai industri IoT, contohnya saja manufaktur televisi digital, robotik, jalur perakitan mesin dan lain sebagainya.



Gambar 2. 9. Sensor Infra Merah

Sumber: WikElektronika

8. Sensor Cahaya

Sensor cahaya digunakan terhadap objek yang berupa cahaya. Ada 3 macam jenis sensor cahaya di antaranya *fotovoltaic*, fotokonduktif dan fan fotolistrik.



Gambar 2. 10. Sensor Cahaya

Sumber: WikElektronika

9. Sensor Optik

Sensor optik merupakan alat yang mampu mengubah sinar cahaya menjadi sinyal listrik. Dalam industri otomotif sensor ini memberikan peranan penting dalam pengembangan mobil tanpa pengemudi atau mobil otonom. Sensor jenis ini dapat mengenali tanda, rintangan dan hal lain yang akan diperhatikan pengemudi saat mengemudi atau parkir.



Gambar 2. 11. Sensor Optik

Sumber: WikElektronika

2.3 Protokol Komunikasi IoT

IoT *network protocols* atau protokol jaringan dalam IoT berfungsi untuk menghubungkan perangkat melalui jaringan. Serta merupakan protokol komunikasi yang digunakan melalui Internet. IoT *network protocols* menggunakan komunikasi data end-to-end dalam lingkup jaringan. Berikut ini adalah berbagai IoT network protocols:

2.3.1 HTTP (HyperText Transfer Protocol)

HyperText Transfer Protocol adalah contoh dari IoT *network protocols*. HTTP dapat mengirimkan berbagai jenis data melalui web. HTTP menjamin data yang dikirim antar perangkat tidak akan rusak karena dibangun di atas TCP (*Transmission Control Protocol*).

Kebanyakan data dihasilkan dari perangkat IoT menggunakan HTTP sebagai protokol yang paling umum. Namun, protokol HTTP tidak disukai karena biayanya mahal dan penggunaan energi yang terlalu boros dan lebih banyak kendala.

2.5.1 LoRaWan (*Long Range Wide Area Network*)

LoRaWAN adalah protokol media *access control* (MAC) yang didesain sebagai jaringan publik skala besar dengan satu operator. LoRaWan menghubungkan apapun yang beroperasi melalui baterai secara nirkabel menuju Internet baik secara *private network* maupun global *network*.

Protokol komunikasi digunakan juga oleh *smart cities*, di mana terdapat jutaan perangkat yang berfungsi dengan daya dan memori lebih sedikit. Kecepatan data dari *Internet of things* Protocols ini adalah 0,3 – 50 kbps. Pada daerah perkotaan jangkauan jarak LoRaWAN berkisar antara 2 km hingga 5 km. Sedangkan pada area pinggiran kota jangkauan protokol IoT LoRaWAN ini sekitar 15 km.

2.3.2 Bluetooth

Bluetooth adalah salah satu teknologi nirkabel jarak pendek yang paling banyak dipakai dalam IoT. Protokol ini sangat aman kegiatan komunikasi dan bagus pada transmisi jarak pendek, menghasilkan daya yang rendah, biaya rendah, dan nirkabel antara perangkat elektronik.

Protokol *bluetooth* memiliki versi yang baru diperkenalkan yakni BLE (*Bluetooth Low Energy*). BLE ini memberikan jangkauan kombinasi dari *bluetooth* konvensional dengan supremasi konsumsi daya yang lebih rendah. BLE ini cocok digunakan untuk transfer data yang kecil.

2.3.3 Zigbee

ZigBee merupakan protokol IoT (*Internet of things*) yang dikhususkan kepada pelaku industri. Oleh karena itu, *ZigBee* digunakan untuk transfer data kecepatan rendah dalam jarak pendek.

Protokol ini sangat ideal untuk kegiatan industri karena mampu beroperasi pada frekuensi 2.4 Ghz, dimana data yang ditransfer melalui trafik kecil diantara rumah atau bangunan.

2.3.4 MQTT

Terdapat protokol yang berjalan di atas stack TCP/IP yang bernama MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Dan dirancang untuk machine to machine (M2M) yang tidak memiliki alamat khusus. Contohnya bisa ditemukan pada arduino, raspi atau *device* lain yang tidak memiliki alamat khusus.

Sistem kerja MQTT menerapkan Publish dan Subscribe data. Pada penerapannya, perangkat akan terhubung pada sebuah Broker dan mempunyai suatu Topic.

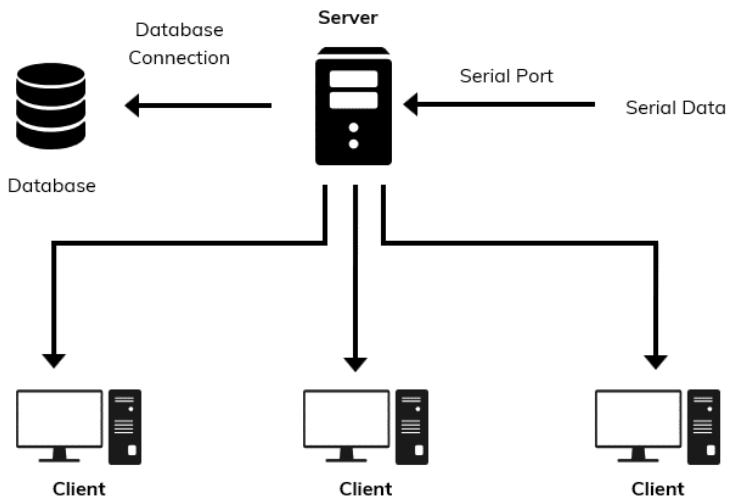
2.4 Platform dan Gateway IoT

2.4.1 Platform IoT

Secara sederhana, *platform Internet of things* adalah sekumpulan teknologi yang menyediakan infrastruktur untuk membuat aplikasi sesuai dengan fitur spesifik yang dibutuhkan. *Platform* IoT adalah suatu ekosistem yang digabungkan untuk menjadi wadah pembuatan produk dan solusi IoT agar efisien dan tidak memakan banyak waktu. *Platform* IoT disini sebagai lingkungan IoT yang siap dipakai untuk suatu produk atau bisnis. *Platform* IoT dapat digunakan untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber, menyimpan data, menampilkan data, mengontrol perangkat, mengelola inventory perangkat dan lain-lain.

Tujuan *platform* IoT adalah untuk menjadikan aplikasi dan fungsional sehingga produk memiliki fitur-fitur yang memang sesuai untuk target konsumen. *Platform* IoT membantu untuk mengurangi resiko dan biaya yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan meluncurkan produk ke pasar. Agar dapat bekerja, produk IoT harus dapat memperoleh data via sensor, menganalisa data, kemudian menerima perintah serta menyimpan data di cloud. Selain itu, produk

IoT juga harus dapat memberikan informasi penting kepada pengguna dan melakukan tindakan berdasarkan informasi yang didapatkan.



Gambar 2. 12. Ilustrasi *Platform IoT*

Sumber: IQBAL

Contoh *IoT Platform*, beberapa *platform* gratis untuk penggunaan tertentu dan berbayar untuk fasilitas yang lebih lengkapnya.

1. *Firebase*



Gambar 2. 13. *Firebase*

Sumber: IQBAL

Firebase adalah suatu layanan yang dikeluarkan google untuk mempermudah para pengembang aplikasi untuk mengembangkan aplikasinya. Firebase (BaaS 'Backend as a Service') ini merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempermudah pekerjaan Developer agar para apps developer bisa fokus mengembangkan

aplikasi tanpa harus memberikan effort yang besar untuk urusan backend. Firebase memiliki beberapa fitur, yaitu:

- a. *Google Analytic: Analytics* menyajikan data terkait perilaku pengguna aplikasi Android dan iOS agar memudahkan kita mengambil keputusan yang lebih baik tentang produk dan mengoptimalkan pemasaran. Lihat data error, efektivitas notification, performa deep link, data pembelian dalam aplikasi, dan lain-lain.
- b. *Real-time database*: Untuk menyimpan dan menyinkronkan data antara pengguna dan perangkat secara realtime menggunakan database noSQL yang dihosting secara cloud.
- c. *Authentication*: Untuk mengelola pengguna dengan cara yang mudah dan aman dengan menawarkan beberapa metode autentikasi, termasuk email/sandi, penyedia pihak ketiga seperti Google atau *Facebook*, atau langsung menggunakan sistem akun yang sudah ada.
- d. *Cloud Storage*: Untuk menyimpan dan membagikan gambar, audio, video, atau konten lainnya.
- e. *Hosting*: Memudahkan hosting web statis dengan fitur yang dibuat khusus untuk aplikasi web modern serta memberi sertifikat SSL gratis.

2. *Arduino IoT Cloud*

Fitur Arduino IoT Cloud:

a. *Realtime Dashboard*

Dashboard pada Arduino IoT Cloud dapat menampilkan data dengan cepat dan realtime. Selain itu *dashboard* yang disajikan simple dan mudah dipahami oleh pengguna.

Hanya saja, widget yang dapat ditambahkan cukup terbatas karena Arduino IoT Cloud masih dalam tahap pengembangan.

b. Terintegrasi dengan Arduino Create

Arduino Create merupakan fitur dari Arduino yang digunakan untuk memprogram development board secara online tanpa software.

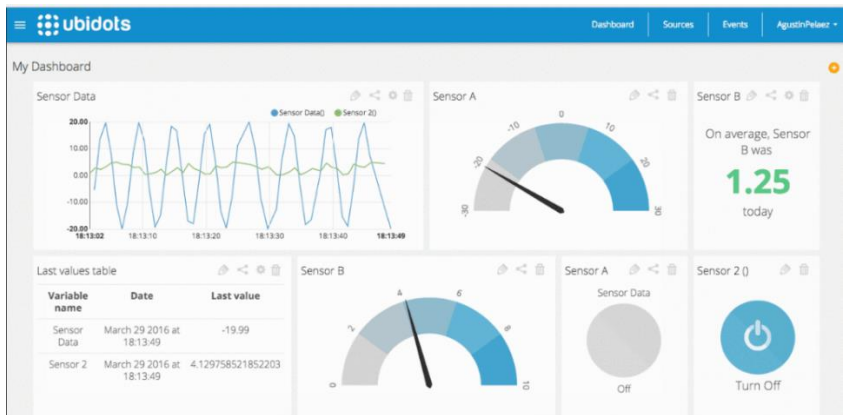
Arduino IoT Cloud mendukung ekosistem ini sehingga pengguna lebih mudah dalam pemrograman perangkat development board.

c. Fleksibel digunakan untuk berbagai devices

Arduino IoT Cloud mendukung untuk koneksi dengan berbagai development board yang banyak dijumpai seperti Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, dll sehingga pengguna dapat dengan mudah mengimplementasikan teknologi IoT.

3. *Ubidots*

Ubidots adalah sebuah *platform* IoT yang memberikan jasa secara gratis untuk user dengan batasan untuk lima sensor dan untuk menambah sensor maka harus membayar sejumlah uang agar dapat menghapus batasan sensor. *Ubidots* juga memberikan layanan notifikasi email dan SMS berdasarkan trigger yang dibuat data sensor sesuai dengan ketetapan user. *Ubidots* tergolong populer di kalangan IoT enthusiast karena tools-nya yang mudah untuk digunakan dan sudah menyediakan berbagai jenis koneksi terhadap development board di pasaran. *Ubidots* sudah menyediakan panduan penggunaan sehingga user tidak akan kesulitan untuk mengakses dan menggunakan *Ubidots* sesuai dengan board development yang dimiliki oleh user.



Gambar 2. 14. *Ubidots*

Sumber: IQBAL

4. *ThingSpeak*

ThingSpeak merupakan *platform* open source IoT dan API untuk menyimpan dan mengambil data dari hal menggunakan protokol HTTP melalui Internet atau melalui Local Area Network. *ThingSpeak* didukung perangkat lunak komputasi numerik yaitu Matlab. Menyediakan visualisasi data secara realtime dan dengan dukungan Matlab, memungkinkan untuk menambahkan data untuk keperluan analisis dan pemrosesan tanpa perlu membeli lisensi Matlab. *ThingSpeak* dapat mendukung beberapa perangkat misalnya Arduino, Raspberry Pi, hingga ESP. *ThingSpeak* memiliki beberapa fitur yaitu:

a. Visualisasi data sensor secara realtime

Thingspeak memungkinkan pembuatan dashboard berupa grafik dan sejenisnya untuk menyajikan data secara realtime. Dashboard tersebut dapat disematkan di website, aplikasi, dll sehingga penggunaan lebih fleksibel.

b. Agregasi data dari penyedia pihak ketiga

Thingspeak memungkinkan untuk menggabungkan data dari pihak lain diluar Thingspeak. Sehingga data yang dikumpulkan lebih komprehensif untuk mendukung proyek tertentu. Task IoT analytics terjadwal guna menganalisis data Event Scheduling Menjalankan aksi berdasarkan data yang diterima

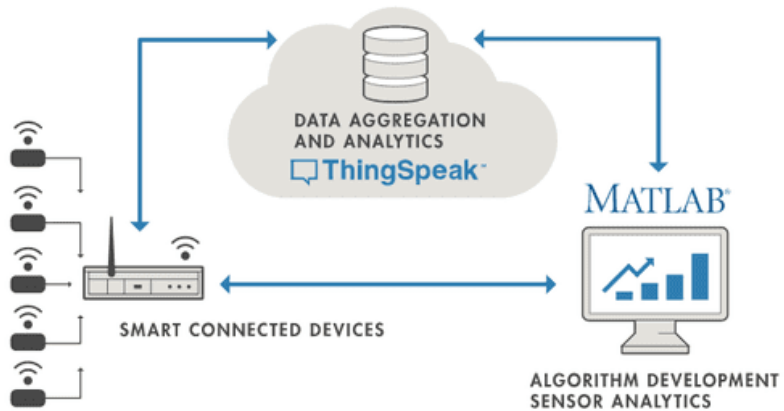
c. Task IoT *analytics* terjadwal guna menganalisis data

Integrasi dengan Matlab membuat Thingspeak powerful dalam analisis data, ditambah dengan penjadwalan dalam waktu tertentu untuk melakukan analisis.

d. Event Scheduling

Thingspeak juga memungkinkan untuk melakukan tindakan tertentu berdasarkan rules yang sudah dibuat. Hal ini memudahkan pengguna dalam melakukan tindakan tertentu terhadap sistem.

e. Menjalankan aksi berdasarkan data yang diterima



Gambar 2. 15. Platform ThinkSpeak

Sumber: IQBAL

5. Blynk



Gambar 2. 16. Blynk

Sumber: IQBAL

Blynk adalah *platform* untuk aplikasi mobile baik iOS maupun Android yang bertujuan untuk kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui Internet. Blynk tidak terikat pada papan atau module tertentu. Aplikasi Blynk merupakan wadah untuk membuat antarmuka grafis untuk project yang akan diimplementasikan hanya dengan metode drag and drop widget sehingga sangat mudah digunakan.

Platform ini sangat mudah digunakan untuk monitoring dan controlling berbagai perangkat IoT karena pemrograman pada board yang tidak rumit dan konfigurasi pada mobile app yang sangat mudah.

Fitur Blynk IoT

a. Blynk.App

Merupakan fitur Blynk IoT yang memungkinkan untuk membuat dashboard dalam Android atau iOS tanpa menggunakan koding. Tampilan yang disajikan sangat menarik dan mudah dipahami.

b. Blynk.360

Konfigurasi data, perangkat, dan user dilakukan melalui website Blynk IoT. Website ini memungkinkan untuk mengatur data yang diterima sekaligus dapat digunakan sebagai dashboard layaknya pada mobile apps.

c. Templates

Blynk menyediakan fitur templates yang dapat digunakan untuk mengatur skalabilitas data. Selain itu templates dapat bekerja pada banyak devices dengan cara kerja yang hampir sama.

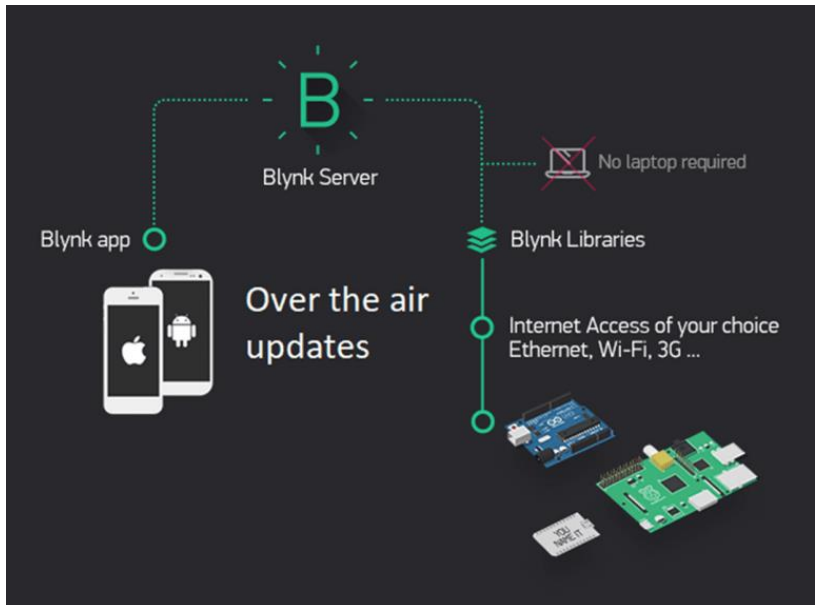
d. Blynk.inject

Blynk memiliki mekanisme mengkoneksikan perangkat IoT dengan mudah dan fleksibel. Dengan ini, perangkat tidak perlu diprogram ulang saat ingin mengganti Wifi.

e. Blynk.Air

Salah satu fitur unggulan dari Blynk adalah updates Over the Air (OTA) sehingga memungkinkan kita mengupdate program secara online tanpa datang ke lokasi perangkat IoT tersebut. Fitur ini sangat memudahkan kita apabila perangkat yang dikelola banyak dan tersebar di berbagai lokasi.

Beberapa perangkat yang mendukung update OTA yaitu ESP8266, ESP32, ESP8266, MKR1000, MKR WiFi 1010, TI CC3220sf.

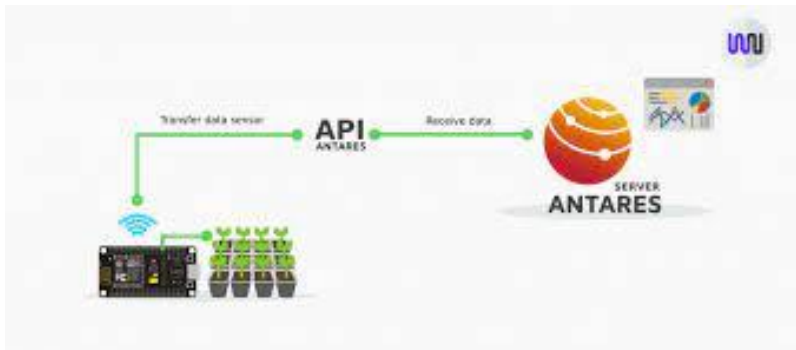


Gambar 2. 17. Implementasi Blynk

Sumber: IQBAL

6. Antares

ANTARES hadir sebagai produk dan layanan *Internet of things* (IoT) di bawah naungan PT Telekomunikasi Indonesia. ANTARES memiliki 4 pilar utama, yaitu IoT *Platform*, IoT *Connectivity*, IoT *Solution*, dan *Devices*. Antares didukung protokol MQTT, HTTP dan CoAP. Antares menawarkan segala kemudahan dalam mengembangkan aplikasi IoT dengan fitur sebagai berikut:



Gambar 2. 18. Antares

Sumber: Iqbal

- a. Aman: Seluruh komunikasi ditransmisikan di jalur yang telah dienkripsi. Segalanya diatur agar sangat handal, aman, dan tangguh di atas Secure Transport Layer.
- b. Handal: Antares mampu mengelola infrastruktur IoT selama 24 penuh. Artinya, Antares menyediakan layanan IoT yang handal baik untuk kepentingan development ataupun bisnis.
- c. Beragam Perangkat: Antares mendukung berbagai macam perangkat seperti Arduino, ESP, Android, Raspberry Pi, dll dan berbagai macam bahasa pemrograman.
- d. Open API: Antares juga menyediakan fitur open API sehingga kita dapat mengatur dashboard atau data diluar website Antares (jika diinginkan) sehingga lebih fleksibel.

7. *ThingsBoard*

ThingsBoard adalah *platform* IoT open-source untuk mengumpulkan data, pemrosesan, visualisasi data, dan manajemen perangkat device. ThingsBoard memungkinkan konektivitas perangkat melalui protokol IoT standar industri – MQTT, CoAP, dan HTTP dan mendukung penyebaran cloud dan lokal. ThingsBoard menggabungkan skalabilitas, toleransi kesalahan, dan kinerja sehingga kita tidak akan pernah kehilangan data. Thingsboard ini bisa menjadi solusi alternatif buat yang tidak familiar dengan bahasa pemrograman. Cukup dengan drag and drop dapat menciptakan sebuah dashboard IoT yang akan terlihat profesional. Thingsboard

ini mempunyai dua fungsi utama yakni sebagai broker dalam terminologi IoT (core services) dan sebagai web presentation atau penyaji data (web UI).



Gambar 2. 19. Logo ThingsBoard

Sumber: IQBAL

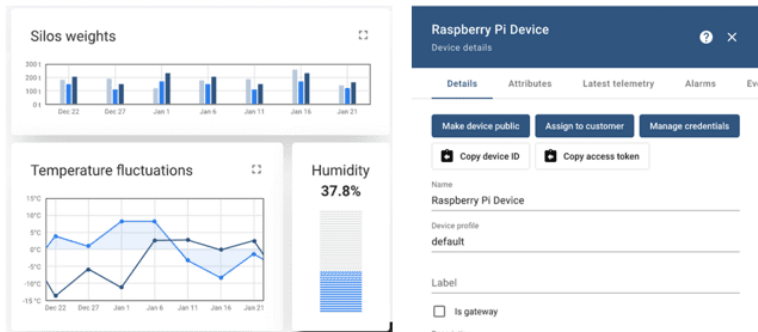
Fitur Thingsboard

a. Menyediakan dan mengelola perangkat

Thingsboard menyediakan fitur untuk mengelola perangkat secara online melalui IoT dengan aman karena dilengkapi dengan berbagai autentikasi.

b. Mengumpulkan dan visualisasi data

Pengelolaan data yang diperoleh dari perangkat IoT dapat divisualisasikan dengan dashboard sehingga mudah dalam pembacaan data.



Gambar 2. 20. Visualisasi ThingsBoard

Sumber: IQBAL

c. Memproses dan membuat rules

Selain memproses data, thingsboard memungkinkan untuk pembuatan rules dari data yang diperoleh, rules bekerja diluar dari perangkat yang mengirimkan data.

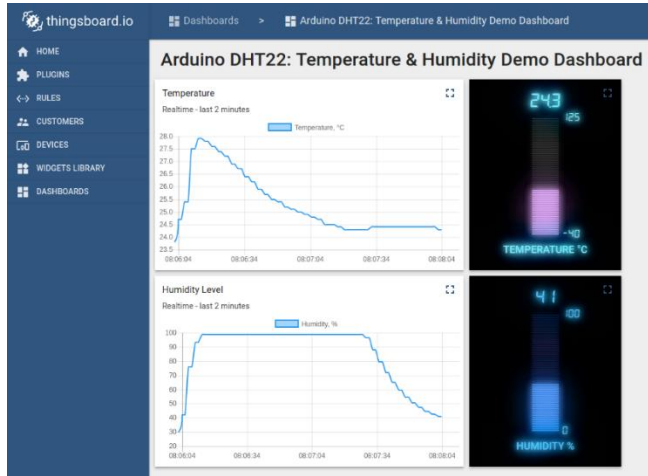
d. Dashboard IoT Real-Time

Data yang dikirimkan menggunakan protokol MQTT dan CoAP sehingga pengiriman data yang cepat sehingga dashboard (tampilan) dapat diupdate dengan cepat dan real-time.

e. Berorientasi pada Skalabilitas

Thingsboard memungkinkan untuk skalabilitas dalam implementasi IoT. Sehingga saat memerlukan penyimpanan data dalam jumlah besar Thingsboard sudah siap.

Thingsboard juga dapat meminimalisir kesalahan dengan fitur *microservices*

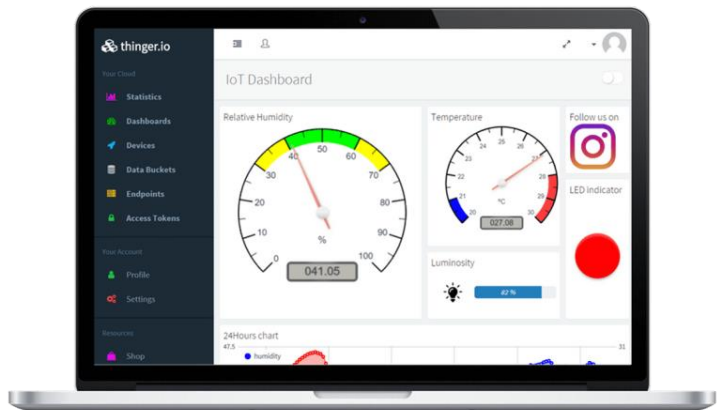


Gambar 2. 21. Skalabilitas Thingsboard

Sumber: IQBAL

8. *Thingier.io*

Thingier.io adalah *platform Internet of things (IoT)* yang menyediakan fitur cloud untuk menghubungkan berbagai perangkat yang terkoneksi dengan internet. Thingier.io juga dapat memvisualisasikan hasil pembacaan sensor dalam bentuk nilai atau grafik.



Gambar 2. 22. UI Thingier.io

Sumber: IQBAL

Bagian menu pada sisi kiri halaman memiliki beberapa fungsi sebagai berikut:

- a. **Statistic:** Tampilan awal saat login, dimana pada opsi ini menampilkan beberapa informasi mengenai jumlah perangkat yang tersambung, dashboards, data buckets, endpoints, dll.
- b. **Dashboards:** Interface untuk pengguna yang menampilkan informasi dalam berbagai bentuk grafik maupun angka. Tampilan pada dashboard dapat diatur sesuai kebutuhan.
- c. **Device:** Laman yang menampilkan nama perangkat yang terkoneksi atau memiliki akses dengan akun Thinger.io yang digunakan saat itu juga. Jika perangkat sudah terdaftar dan sedang dalam keadaan online, maka pada kolom state akan berwarna hijau dengan tulisan connected. Sementara saat offline akan tertulis disconnected.
- d. **Data Buckets:** Penyimpanan virtual dari hasil pembacaan sensor dari waktu ke waktu. Nilai interval penyimpanan data dapat diatur sesuai kebutuhan. Hasil penyimpanan juga dapat diekspor untuk pengolahan offline.
- e. **Endpoints:** Titik masuk ke layanan, proses atau lainnya.
- f. **Access Tokens:** Memberikan otoritas ke layanan atau aplikasi pihak ketiga tanpa harus membagikan nama pengguna dan kata sandi.

Fitur Thinger.io

a. *Cloud Platform*

Platform yang dibangun oleh Thinger memiliki kemudahan dalam pengoperasiannya dengan tetap memerhatikan kecepatan, keamanan, dan kemudahan eskalasi.

b. Kompatibel dengan berbagai hardware

Seperti platform yang lainnya, Thinger kompatibel dengan berbagai development board yang banyak digunakan seperti Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, bahkan Intel Edison.

c. Kode program sederhana

Thinger.io membutuhkan koding didalamnya, namun kode program yang disajikan cukup sederhana, mudah digunakan, dan mudah dipahami.

d. Skalabilitas

Thinger menawarkan fitur kemudahan dalam skalabilitas sehingga tidak perlu khawatir jika penggunaan jangka panjang dan memerlukan penyimpanan yang besar.

9. AWS IoT

AWS IoT merupakan layanan dari Amazon khusus untuk implementasi IoT baik dalam development maupun skala bisnis/industri.

AWS memungkinkan untuk mengkoneksikan dan melakukan manajemen miliaran perangkat yang terhubung di AWS

Fitur AWS:

a. Layanan IoT yang komplit

AWS IoT memiliki layanan berupa manajemen perangkat, penyimpanan, penampil, dan analitik data untuk mengambil keputusan.

b. Aman

AWS menangani data dengan mengutamakan keamanan. AWS menggunakan AWS IoT Device Defender untuk melakukan perlindungan data seperti enkripsi, autentikasi, kontrol akses, dll.

c. Dukungan AI dan ML

AWS menyatukan AI (Artificial Intelligence), ML (Machine Learning, dan IoT sehingga membuat perangkat menjadi lebih cerdas. Salah satunya untuk prediksi data.

d. Skalabilitas

AWS menyiapkan untuk skalabilitas hingga miliaran perangkat dapat ditampung di server AWS. AWS IoT juga mudah diintegrasikan dengan berbagai layanan AWS lainnya.

10. *Telkomsel IoT*

PT Telekomunikasi Selular atau biasa kita sebut Telkomsel mengembangkan bisnis di bidang *Internet of things*. Platform ini membantu pelanggan mempercepat time to market sehingga meningkatkan operasional bisnis sehingga lebih baik. Secara umum, Telkomsel IOT adalah layanan end-to-end yang memberi kemudahan integrasi dan efisiensi operasional secara realtime.

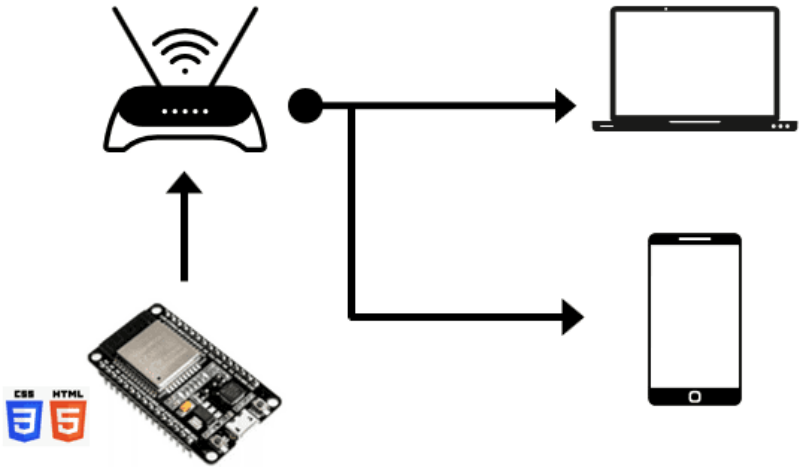
11. *Geeknesia*

Geeknesia adalah startup yang didirikan oleh dua UC Berkeley friends. Geeknesia adalah sebuah Platform *Internet of things* (IoT) untuk mempermudah pengembangan solusi IoT, juga merupakan sarana untuk showcase ide, proyek, solusi, atau startup yang berhubungan dengan IoT, dan merupakan platform Crowdfunding untuk berbagai macam produk teknologi. Geeknesia dikembangkan dan dibuat oleh PT. IoT Inovasi Indonesia. Ada beberapa contoh project yang dapat dilakukan sendiri oleh kita pada website geeknesia ini

12. Lokal *Webserver*

ESP32 dan ESP8266 memungkinkan untuk digunakan atau bertindak sebagai web server. Web server adalah sebuah software (perangkat lunak) yang memberikan layanan berupa data melalui protokol HTTP atau HTTPS. ESP32 dan ESP8266 juga mendukung layanan web server lain untuk mendukung layanan tersebut seperti PHP, CSS, Java Script, dll.

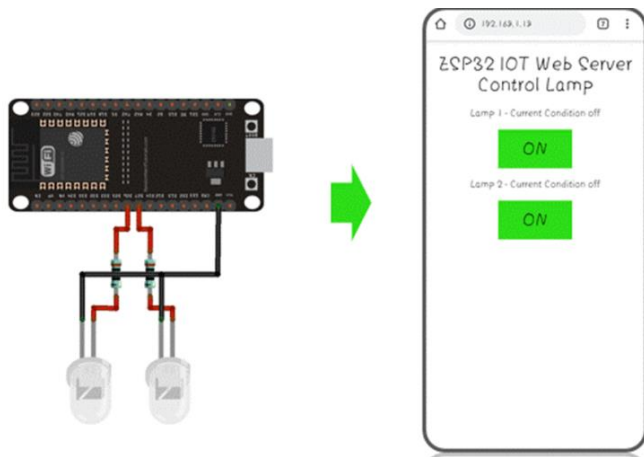
Umumnya web server yang dibangun pada ESP32 dan ESP8266 bersifat lokal, sehingga yang bisa mengakses adalah perangkat yang terhubung dengan jaringan yang sama dengan ESP32 dan ESP8266 baik menggunakan WiFi atau kabel LAN.



Gambar 2. 23. Simulasi Web Server

Sumber: IQBAL

Berikut contoh tampilan proyek ESP32 lokal webserver yang dapat diakses melalui browser.



Gambar 2. 24. Ilustrasi Proyek ESP32 lokal webserver

2.4.2 Gateway IoT

Platform adalah serangkaian teknologi yang digunakan sebagai pondasi dalam mengembangkan *software* dan *hardware*. Dalam IoT, *platform* mengacu pada teknologi yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan IoT perusahaan di internet, sedangkan Gateway adalah perangkat yang dipakai untuk menghubungkan jaringan di antara satu perangkat komputer dengan perangkat lainnya. Masing-masing perangkat memang biasanya mempunyai protokol komunikasi yang berbeda-beda, sehingga memerlukan gateway untuk menyambungkannya.

Gateway bertugas untuk menjadi penghubung antara satu jaringan dengan jaringan yang lainnya. Meskipun arsitektur dan pola topologi dari setiap jaringan memiliki perbedaan, gateway bisa menyambungkannya. Selain itu, gateway juga bisa menjadi penghubung antara sesama komputer besar, atau dari komputer besar ke komputer kecil.

Contoh perangkat dan jaringan internet gateway adalah ISP (Internet Service Provider) dan router yang bertugas untuk memberikan akses ke semua jaringan WWW.

Banyak orang beranggapan bahwa gateway memiliki kesamaan dengan router dan switch. Padahal, ketiganya adalah perangkat yang berbeda dengan fungsi yang jelas berbeda pula.

Gateway adalah perangkat dalam komputer yang bertugas untuk menyambungkan satu jaringan komputer terhadap jaringan komputer lainnya dengan protokol informasi berbeda. Sedangkan, router adalah perangkat keras yang dipakai untuk menghubungkan antar jaringan. Sementara itu, switch adalah komponen jaringan komputer yang memiliki fungsi menghubungkan perangkat komputer untuk melakukan pertukaran data.

1. Cara kerja gateway

Untuk memahami cara kerja sebuah gateway, harus dipahami terlebih dahulu bahwa semua jaringan membuat batasan komunikasi terhadap perangkat yang langsung terhubung dengan

jaringan tersebut. Oleh karena itu, jika sebuah jaringan ingin berkomunikasi dengan perangkat yang berada di luar jaringannya, maka ia membutuhkan sebuah perantara, yaitu gateway.

Cara kerja gateway dapat diibaratkan sebagai penghubung antar jaringan. Gateway berada pada titik paling ujung sebuah jaringan yang berfungsi untuk mengarahkan koneksi yang berasal dari dalam atau dari luar jaringan tersebut. Intinya, gateway adalah pintu masuk atau keluar dari sebuah sistem jaringan dan gateway akan membawa koneksi yang masuk dari luar untuk menuju titik tujuan pada jaringan tersebut. Misalnya, Anda membuka sebuah website, yang artinya Anda berusaha masuk ke dalam jaringan tersebut. Gateway berfungsi untuk mengarahkan koneksi Anda untuk menuju halaman website yang Anda tuju.

2. Fungsi Gateway dalam Jaringan

Ada beberapa fungsi dari gateway layaknya dalam konversi protokol. Berikut ini adalah beberapa fungsi dari gateway:

a. Hardware Sharing

Fungsi selanjutnya dari apa itu gateway adalah agar bisa saling berbagi fungsi antara perangkat keras. Istilah ini disebut juga dengan hardware sharing. Contohnya adalah ketika menggunakan satu alat cetak untuk kebutuhan beberapa orang dalam satu ruangan. Hal semacam ini sangat mungkin dilakukan jika menggunakan sistem gateway.

b. Akses Informasi Menjadi Lebih Mudah

Dalam menggunakan gateway, user bisa lebih mudah dalam mendapatkan akses informasi yang dibutuhkan. Kedua komputer bisa saling tersambung dan bertukar data. Jika tidak ada gateway, dua komputer dengan protokol yang berbeda tidak bisa melakukan proses pertukaran tersebut.

c. Membantu Kinerja Komputasi

Selanjutnya, pada kondisi tertentu, gateway bisa menjadi selayaknya jaringan yang dipakai untuk mengoptimalkan stabilitas dan performa suatu komputasi perusahaan. Caranya adalah dengan melakukan distribusi setiap tugas komputasi ke unit komputer lain dengan jaringan yang sama ketika terjadi overload.

d. Konversi Protokol

Kemudian, karena gateway adalah penghubung antara dua unit komputer yang mempunyai protokol berbeda, maka setiap komputer bisa saling terhubung dan terjadi proses pertukaran informasi. Setiap jaringan gateway bisa juga dioperasikan pada setiap tingkatan yang ada dalam model jaringan Open System Interconnection (OSI).

e. Memperlancar Proses Pertukaran Data

Anda bisa lebih mudah mengintegrasikan dan mengatur data penting di dalamnya dengan mengoptimalkan fungsi gateway dalam perusahaan. Hal ini tentu sangatlah penting bagi perusahaan, apalagi setiap perusahaan pasti mempunyai banyak divisi yang bekerja secara terpisah. Namun, perlu dicatat bahwa jaringan gateway tidak bisa bekerja tanpa ada seorang admin yang mengatur dan mengontrol keamanan atas data tersebut.

3. Jenis-jenis Gateway

Berikut ini adalah jenis-jenis gateway:

a. Bidirectional Gateway

Pertama, bidirectional gateway dapat memungkinkan data mengalir secara dua arah. Bidirectional gateway ini juga dapat menjadi alat untuk melakukan sinkronisasi.

b. Unidirectional Gateway

Selanjutnya, kebalikan dari bidirectional gateway, unidirectional gateway justru memungkinkan adanya data yang mengalir hanya dalam satu arah. Biasanya, unidirectional gateway dipakai sebagai alat untuk melakukan pengarsipan.

c. VoIP Trunk Gateway

Ketiga, ada VoIP trunk gateway yang berfungsi untuk memfasilitasi pertukaran data antara perangkat PSTN atau public switched telephone network dengan jaringan VoIP atau voice over internet protocol.

d. Cloud Storage Gateway

Keempat, cloud storage gateway, yaitu server penerjemah atas permintaan penyimpanan dengan panggilan API penyimpanan cloud yang berbeda, di antaranya ada SOAP (Simple Object Access Protocol) dan REST (Representational State Transfer).

Cloud storage gateway membuat integrasi penyimpanan cloud pribadi ke dalam aplikasi bisa terfasilitasi tanpa perlu ada transfer aplikasi ke dalam public cloud terlebih dahulu. Dengan begini, komunikasi data bisa menjadi lebih sederhana.

e. Network Gateway

Kemudian, ada network gateway yang sangat umum karena menyediakan tampilan interface antara dua jaringan yang beroperasi dengan protokol berbeda. Kalau ada gateway yang disebutkan tanpa menentukan tipenya terlebih dahulu, maka itu biasanya merujuk pada network gateway.

f. SIoT Gateway

Terakhir ada SIoT gateway, yaitu penggabungan antara data sensor dari perangkat IoT (*Internet of things*) dengan yang terjadi di lapangan. Kemudian, SIoT gateway melaksanakan penerjemahan antara dua protokol atau lebih sebelum memindahkannya ke jaringan cloud gateway. Jenis

gateway ini bisa menghubungkan jaringan cloud, perangkat IoT, serta aplikasi yang dimiliki oleh user. Gateway adalah penghubung antara dua perangkat komputer yang memiliki protokol berbeda. Hal ini tentu sangat berguna, terutama bagi kehidupan perkantoran, karena dapat menunjang efisiensi kerja Anda dan tim. Terlebih, gateway juga bisa menghubungkan jaringan cloud.

Pada operasional bisnis, jaringan cloud biasanya dipakai untuk menyimpan data-data penting. Hal ini bisa Anda lakukan melalui layanan **Cloud Server** yang disediakan oleh Cloudmatika. Untuk informasi lebih jelasnya, langsung saja hubungi **Cloudmatika**.

2.5 Analitik IoT dan Manajemen Data

2.5.1 Definisi IoT Analytics

Internet of things adalah sebuah konsep dimana sebuah objek ditanamkan teknologi seperti perangkat dan software, dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan serta bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung dengan internet. Sedangkan Analisis IoT adalah aplikasi alat dan prosedur analisis data untuk mewujudkan nilai dari volume besar data yang dihasilkan oleh perangkat *Internet of things* yang terhubung.

IoT sendiri bekerja dengan cara memanfaatkan industri pemrograman yang menghasilkan interaksi dengan sesama perangkat terhubung secara otomatis tanpa adanya intervensi pengguna walaupun dalam jarak jauh sekalipun.

Sehingga faktor vital yang dapat membuat kinerja perangkat IoT menjadi lebih lancar adalah adanya jaringan internet yang menjadi penghubung antara sistem dan perangkatnya. Dalam hal ini, peranan manusia hanyalah sebagai pengamat untuk setiap perilaku perangkat saat bekerja.

IoT umumnya memiliki hubungan erat dengan istilah machine-to-machine atau disebut M2M. Berbagai perangkat yang memiliki

kemampuan komunikasi M2M, sering disebut dengan smart device dengan harapan dapat membantu manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada.

1. IoT Analytics dan Implementasinya

Potensi analitik IoT sering dibahas dalam kaitannya dengan IoT Industri. IIoT memungkinkan organisasi untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari sensor pada peralatan manufaktur, saluran pipa, stasiun cuaca, pengukur pintar, truk pengiriman, dan jenis mesin lainnya. Analisis IoT menawarkan manfaat serupa untuk pengelolaan pusat data dan fasilitas lainnya, serta aplikasi ritel dan perawatan kesehatan.

Data IoT dapat dianggap sebagai subset dan kasus khusus data besar dan, dengan demikian, terdiri dari aliran heterogen yang harus digabungkan dan diubah untuk menghasilkan informasi yang konsisten, komprehensif, terkini, dan benar untuk pelaporan dan analisis bisnis. Integrasi data rumit untuk data IoT. Ada banyak jenis perangkat, yang sebagian besar tidak dirancang untuk kompatibilitas dengan sistem lain. Integrasi data dan analitik yang mengandalkannya adalah dua tantangan terbesar bagi pengembangan *IoT*.

2.5.2 Manajemen Data

Manajemen data adalah proses pengumpulan, penyimpanan, pengamanan, dan penggunaan data organisasi. Meski memiliki beberapa sumber data berbeda saat ini, organisasi harus menganalisis dan mengintegrasikan data untuk memperoleh kecerdasan bisnis guna perencanaan strategis. Manajemen data mencakup semua kebijakan, alat, dan prosedur yang meningkatkan kegunaan data dalam batas-batas hukum dan peraturan.

Data dianggap sebagai sumber daya yang berharga bagi organisasi modern. Dengan akses ke banyak data dan berbagai tipe data berbeda, organisasi membuat investasi besar dalam penyimpanan data dan infrastruktur manajemen. Organisasi menggunakan sistem

manajemen data untuk menjalankan operasi kecerdasan bisnis dan analisis data dengan lebih efisien.

1. Manfaat manajemen data

a. Meningkatkan pendapatan dan laba

Analisis data memberikan wawasan yang lebih mendalam ke semua aspek bisnis. Anda dapat menindaklanjuti wawasan ini untuk mengoptimalkan operasional bisnis dan mengurangi biaya. Analisis data juga dapat memprediksi dampak masa depan dari keputusan, meningkatkan pengambilan keputusan dan perencanaan bisnis. Oleh karena itu, organisasi mengalami pertumbuhan pendapatan dan keuntungan yang signifikan dengan meningkatkan teknik manajemen data mereka.

b. Mengurangi inkonsistensi data

Silo data adalah kumpulan data mentah dalam organisasi yang hanya dapat diakses oleh satu departemen atau grup. Silo data menciptakan inkonsistensi yang mengurangi keandalan hasil analisis data. Solusi manajemen data mengintegrasikan data dan menciptakan tampilan data terpusat untuk meningkatkan kolaborasi antardepartemen.

c. Memenuhi kepatuhan terhadap peraturan

Undang-undang seperti General Data Protection Regulation (GDPR) dan California Consumer Privacy Act (CCPA) memberi konsumen kontrol atas data mereka. Individu dapat menempuh jalur hukum jika mereka menganggap bahwa organisasi:

- 1) Mengambil data tanpa persetujuan
- 2) Tidak mengontrol lokasi dan penggunaan data dengan baik
- 3) Menyimpan data meski data telah diminta untuk dihapus

Oleh karena itu, organisasi memerlukan sistem manajemen data yang adil, transparan, dan rahasia sambil tetap menjaga akurasi.

2. Area fokus untuk manajemen data

Selain tata kelola data, praktik manajemen data mencakup pengumpulan dan distribusi data berkualitas tinggi untuk mengontrol akses ke data.

1. Manajemen kualitas data

Pengguna data berharap data cukup andal dan konsisten untuk setiap kasus penggunaan.

Manajer kualitas data mengukur dan meningkatkan kualitas data organisasi. Mereka meninjau data yang ada dan baru serta memverifikasi bahwa data tersebut memenuhi standar. Mereka mungkin juga mengatur proses manajemen data yang memblokir data berkualitas rendah agar tidak masuk ke sistem. Biasanya, standar kualitas data mengukur hal berikut:

Apakah informasi utama hilang atau apakah datanya lengkap? (misalnya, pelanggan tidak mengisi informasi kontak utama)

Apakah data memenuhi aturan pemeriksaan data dasar? (misalnya, nomor telepon harus terdiri dari 10 digit)

Seberapa sering data yang sama muncul di sistem? (misalnya, entri data duplikat dari pelanggan yang sama)

Apakah data akurat? (misalnya, pelanggan memasukkan alamat email yang salah)

Apakah kualitas data konsisten di seluruh sistem? (misalnya, format tanggal lahir adalah dd/mm/yyyy di satu set data, tapi memiliki format mm/dd/yyyy di set data lain).

2. Distribusi dan konsistensi data

Untuk sebagian besar organisasi, data harus didistribusikan ke (atau dekat) berbagai titik akhir di mana data diperlukan. Ini termasuk sistem operasional, danau data, dan gudang data. Distribusi data diperlukan karena latensi jaringan. Saat data diperlukan untuk penggunaan operasional, latensi jaringan mungkin tidak cukup untuk mengirimkannya secara tepat waktu. Menyimpan salinan data dalam basis data lokal menyelesaikan masalah latensi jaringan.

Distribusi data juga diperlukan untuk konsolidasi data. Gudang data dan danau data mengonsolidasi data dari berbagai sumber untuk menyajikan tampilan informasi yang terkonsolidasi. Gudang data digunakan untuk analitik dan pengambilan keputusan, sedangkan danau data adalah hub terkonsolidasi tempat data dapat diekstrak untuk berbagai kasus penggunaan.

Mekanisme distribusi data memiliki dampak potensial pada konsistensi data dan hal ini merupakan pertimbangan penting dalam manajemen data.

Konsistensi yang kuat dihasilkan dari replikasi data yang sinkronis. Dalam pendekatan ini, saat nilai data diubah, semua aplikasi dan pengguna akan melihat nilai data yang diubah. Jika nilai data baru belum direplikasi, akses ke data diblokir hingga semua salinan diperbarui. Replikasi sinkronis memprioritaskan konsistensi daripada performa dan akses ke data. Replikasi sinkronis paling sering digunakan untuk data keuangan.

Eventual consistency dihasilkan dari replikasi asinkron data. Saat data diubah, salinan akhirnya diperbarui (biasanya dalam hitungan detik), namun akses ke salinan usang tidak diblokir. Untuk banyak kasus penggunaan, hal ini bukan masalah. Misalnya, postingan media sosial, suka, dan komentar tidak memerlukan konsistensi yang kuat. Sebagai contoh lain,

jika pelanggan mengubah nomor telepon mereka dalam satu aplikasi, perubahan ini dapat dilakukan secara asinkron.

BAB III

KEAMANAN DAN PRIVASI *INTERNET OF THINGS* (IOT)

3.1 Risiko dan Ancaman Keamanan IoT

Internet of things (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Meski telah diperkenalkan sejak 15 tahun yang lalu, hingga kini belum ada sebuah konsensus global mengenai definisi IoT. Namun secara umum konsep IoT diartikan sebagai sebuah kemampuan untuk menghubungkan objek-objek cerdas dan memungkinkannya untuk berinteraksi dengan objek lain, lingkungan maupun dengan peralatan komputasi cerdas lainnya melalui jaringan internet. IoT dalam berbagai bentuknya telah mulai diaplikasikan pada banyak aspek kehidupan manusia. CISCO bahkan telah menargetkan bahwa pada tahun 2020, 50 miliar objek akan terhubung dengan internet.

Meluasnya adopsi berbagai teknologi IoT, membuat kehidupan manusia menjadi jauh lebih nyaman. Dari sisi pengguna perorangan, IoT sangat terasa pengaruhnya dalam bidang domestik seperti pada aplikasi rumah dan mobil cerdas. Dari sisi pengguna bisnis, IoT sangat berpengaruh dalam meningkatkan jumlah produksi serta kualitas produksi, mengawasi distribusi barang, mencegah pemalsuan, mempersingkat waktu ketidaktersediaan barang pada pasar retail, manajemen rantai pasok, dsb.

IoT yang dipakai pada aplikasi peralatan medis seperti monitor glukosa yang terkoneksi pada pasien diabetes, akan memudahkan dokter dalam menerima data pasien secara real time, memonitor kondisi pasien dan menyesuaikan dosis obat. Dengan demikian manajemen penyakit menjadi lebih mudah dilakukan [2]. Demikian pula pada aplikasi rumah cerdas, yang memungkinkan pemiliknya mengatur seluruh peralatan di rumahnya dari jarak jauh dengan menggunakan satu aplikasi.

Untuk mengimplementasikan IoT seperti pada contoh di atas, banyak teknologi yang terlibat antara lain: RFID sebagai alat pengenalan dan pengidentifikasi benda dan lokasi, teknologi web, komunikasi medan dekat, WSN atau jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*), dan komputasi awan. Teknologi-teknologi dalam IoT ini terhubung dengan berbagai terminal pengumpul data melalui jaringan internet maupun jaringan komunikasi lainnya. Informasi mengenai lingkungan di sekitar objek diambil secara *real time*, kemudian diubah ke dalam format data yang sesuai untuk ditransmisikan melalui jaringan, dan dikirim ke pusat data. Data tersebut kemudian diolah oleh pengolah cerdas dengan menggunakan komputasi awan dan teknologi komputasi cerdas lain yang dapat mengolah data dalam jumlah besar, untuk mencapai tujuan IoT.

Salah satu tantangan yang harus diatasi untuk mendorong implementasi IoT secara luas adalah faktor keamanan. IoT merupakan sebuah sistem yang majemuk. Kemajemukannya bukan hanya karena keterlibatan berbagai entitas seperti data, mesin, RFID, sensor dan lain-lain, tetapi juga karena melibatkan berbagai peralatan dengan kemampuan komunikasi dan pengolahan data. Banyaknya entitas dan data yang terlibat, membuat IoT menghadapi resiko keamanan yang dapat mengancam dan membahayakan konsumen. Ancaman ini utamanya dilakukan dengan cara memungkinkan orang yang tidak berhak untuk mengakses data dan menyalah gunakan informasi personal, memfasilitasi serangan terhadap sistem yang lain, serta mengancam keselamatan personal penggunaannya. Ancaman-ancaman yang dapat mempengaruhi entitas IoT sangat beragam, tergantung dari target serangan tersebut. Kategori ancaman terhadap IoT antara lain sebagai berikut:

1. *Denial of Service*, serangan yang menyebabkan pihak yang sah tidak dapat mengakses layanan.
2. Merusak secara fisik objek-objek dalam IoT.
3. *Eavesdropping*; serangan pasif yang dapat dilakukan pada berbagai kanal komunikasi dengan tujuan mengekstrak data dari aliran informasi.
4. *Node capture*; penyerang mengekstrak informasi dari node maupun dari infrastruktur lain yang memiliki kemampuan penyimpanan data.

5. *Controlling*; di mana penyerang berusaha mendapatkan kontrol terhadap entitas IoT dan mengganggu layanan maupun data dari entitas tersebut. Berbagai jenis ancaman di atas, dapat menyerang berbagai entitas dalam IoT, terutama RFID dan jaringan sensor.

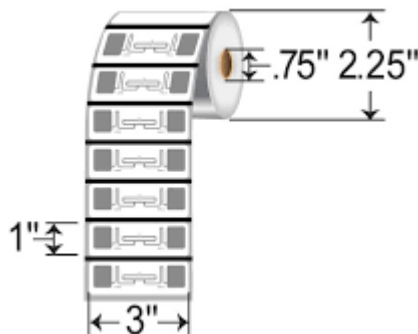


Gambar 3. 1. Ilustrasi Ancaman IoT

3.2 Label RFID

Secara alami, RFID rentan terhadap ancaman keamanan dan privasi. Sifatnya yang tidak memerlukan kontak langsung dan berkomunikasi secara nirkabel dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik, menyebabkan interaksi dengan label RFID dapat dilakukan tanpa kontak fisik sehingga mudah diserang tanpa terdeteksi. Ancaman terhadap keamanan RFID dapat terjadi baik pada label, pembaca, host maupun pada kanal komunikasinya. Label RFID sebagai sarana pengenalan objek, dibuat dengan biaya yang rendah. Mengingat harganya yang murah, sulit melengkapi label RFID dengan mekanisme enkripsi dan pemrograman yang kuat. Akibatnya label RFID rentan terhadap serangan seperti pencurian, penggandaan maupun pemodifikasian data. Pada sisi kanal komunikasi, RFID yang berkomunikasi dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik, rentan terhadap interferensi. Interferensi akan mengakibatkan kesalahan data dalam proses komunikasi antara label dan pembaca. Dengan mengirimkan sinyal penginterferensi, penyerang dapat menghambat link komunikasi, sehingga pembaca tidak dapat membaca data yang benar, dan menyebabkan serangan denial of service dan data tampering. Selain itu, pembaca RFID juga dapat dipalsukan sehingga komunikasi antara pembaca dan host dapat diserang dengan mudah.

Penyerang dapat melakukan serangan middleman (pembaca lain yang diletakkan di tengah jalur komunikasi dan berperan seolah-olah sebagai pembaca yang sesungguhnya), *eavesdropping* maupun menginterferensi pertukaran data secara langsung maupun tidak langsung antara pembaca dengan host. Akibatnya, label tidak dapat diidentifikasi dengan benar, atau terjadi kesalahan identifikasi.



Gambar 3. 2. Contoh Label RFID

3.3 Wireless Sensor Network (WSN)

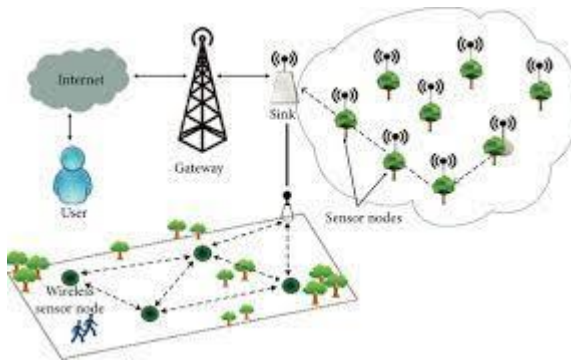
WSN merupakan teknologi kunci yang memungkinkan terwujudnya IoT. Dengan WSN jaringan dan layanan dapat diintegrasikan menjadi infrastruktur IoT. WSN dan jaringan komunikasi yang dimanfaatkan pada IoT bekerja secara nirkabel, sehingga mudah diserang dan diinterferensi. Prinsip pengamanan informasi pada WSN dan jaringan komunikasi mengikuti prinsip confidentiality, integrity dan availability, berdasarkan prinsip ini, serangan yang dapat mengancam WSN, dapat dikategorikan dalam 3 kategori: serangan terhadap kerahasiaan dan otentikasi, serangan terhadap integritas layanan, dan serangan terhadap ketersediaan jaringan. Jenis serangan yang masuk dalam ketiga kategori ini adalah denial of service (DoS), yaitu serangan yang menyebabkan pengguna yang sah tidak dapat mengakses informasi. Serangan ini dapat terjadi pada berbagai lapisan jaringan WSN:

1. DoS pada lapisan fisik. Lapisan fisik sebagai lapisan yang menjalankan fungsi modulasi, demodulasi, enkripsi, pembangkit frekuensi pembawa, pengirim dan penerima data, dapat diserang dengan cara jamming dan node tampering. Dengan jamming, penyerang menduduki kanal

komunikasi sehingga menghalangi jalur komunikasi antar node. Sementara dengan node tampering, node secara fisik dirusak atau diubah untuk mendapatkan informasi sensitif.

2. DoS pada lapisan link. Lapisan link bertanggung jawab dalam melakukan multipleks berbagai aliran data, mendeteksi bingkai data serta melakukan MAC dan error control. Serangan DoS pada lapisan link dapat dilakukan dengan cara kolisi. Kolisi dipicu dengan mengirimkan paket data secara serempak dari dua node pada kanal frekuensi yang sama. Tubrukan ini akan menyebabkan perubahan kecil pada paket data, sehingga tidak teridentifikasi dengan benar. DoS pada lapisan link juga dapat dilakukan dengan serangan unfairness yaitu tubrukan yang dilakukan secara terus menerus.. Serangan DoS yang menyebabkan trafik yang tinggi pada kanal ini, menyebabkan aksesibilitas terhadap kanal menjadi sangat terbatas dan menghabiskan baterai sensor.
3. DoS pada lapisan jaringan. Beberapa jenis serangan yang menyebabkan DoS, dapat dilakukan pada lapisan yang bertanggung jawab terhadap proses routing ini. Yang pertama adalah *spoofing*, replaying dan trafik yang salah arah. Serangan kedua adalah *Hello flood*: serangan ini dilakukan dengan cara membanjiri kanal dengan sejumlah besar pesan yang tidak bermanfaat. Cara ketiga adalah homing. Penyerang mencari di dalam trafik, kepala cluster dan key manager yang memiliki kemampuan untuk mematikan seluruh jaringan. Berikutnya adalah serangan Sybil, penyerang mereplikasi sebuah node dan mengenalkannya pada node-node lain dengan identitas yang berbeda-beda. Serangan ke lima adalah wormhole yang menyebabkan berpindahnya bit-bit data dari posisi sebenarnya di dalam jaringan. Cara terakhir adalah dengan acknowledgement flooding, dimana node penyerang mencurangi acknowledgement dengan memberikan informasi yang salah pada node tujuan.
4. Serangan DoS pada lapisan transport. Lapisan transport berfungsi untuk menjaga kehandalan transmisi data dan mencegah kemacetan akibat tingginya trafik di router. Penyerang dapat melakukan serangan flooding yaitu dengan sengaja membanjiri kanal komunikasi dengan trafik yang tinggi, dan serangan desinkronisasi yaitu mengirimkan permintaan pada endpoint untuk mengirim ulang pesan yang salah yang sebetulnya tidak ada. Desinkronisasi akan menyebabkan node kehabisan energi.
5. Serangan DoS pada lapisan aplikasi. Lapisan ini bertanggung jawab terhadap manajemen trafik dan penyedia perangkat lunak bagi aplikasi yang berbeda dengan menterjemahkan data menjadi bentuk yang dapat dipahami. Serangan DoS di lapisan ini diinisiasi dengan menstimulasi

sensor node untuk membuat trafik yang sangat besar pada rute menuju base station.



Gambar 3. 3. Ilustrasi *Wireless Sensor Network* (WSN)

3.4 Langkah - Langkah Keamanan IoT

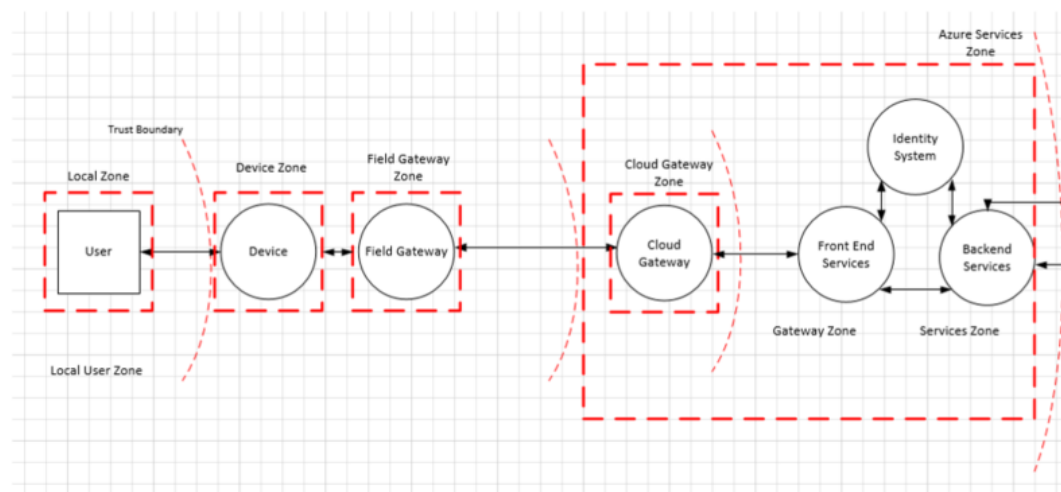
IoT merupakan sebuah sistem terbuka yang dapat digunakan dan diakses oleh siapa saja, dari mana saja. Pada sistem terbuka semacam ini, dibutuhkan proteksi terhadap informasi dan data penggunaannya. Lokasi terminal merupakan salah satu sumber informasi penting dari objek dalam IoT dan juga merupakan informasi sensitif yang perlu dilindungi. Selain itu masalah privasi juga muncul pada pengolahan data, dimana pihak yang tidak berhak dapat melakukan analisa tingkah laku berdasarkan penggalian data. Perlindungan terhadap privasi secara umum meliputi ketiga hal, perlindungan terhadap data, lokasi dan identitas. Untuk menjamin agar privasi personal maupun perusahaan tidak dirusak sebagai akibat dari terbukanya data tersebut pada pengumpulan, pengiriman dan pengolahan data, maka diperlukan mekanisme yang mengatur akses terhadap data tersebut. Selain itu, mengingat banyaknya entitas yang bersinggungan dengan data pengguna, terjaminnya privasi data dan pengguna menjadi hal yang sangat penting. Sebuah sistem yang ramah privasi pengguna harus memiliki kontrol penuh atas mekanisme yang digunakan untuk menjamin privasi mereka, pengguna harus dapat memilih untuk membagikan atau tidak data mereka, dan harus dapat memutuskan untuk tujuan apa informasi tersebut digunakan. Untuk menjamin privasi, secara umum ada tiga hal yang dapat dilakukan yaitu: manajemen identitas, otentikasi dan otorisasi.

Dalam model yang diusulkan dalam setiap pengguna atau layanan dipetakan ke dalam identitas akar. Tetapi objek juga perlu dilengkapi dengan banyak identitas kedua oleh Manajer Identitas. Kumpulan identitas yang diberikan untuk setiap objek ini ditunjukkan dalam identity pool. Identitas kedua dapat digunakan untuk tujuan privasi ketika objek berhubungan dengan IoT, namun untuk mengatasi repudiasi, sistem tetap masuk ke dalam identitas dari objek yang berinteraksi dengannya. Manajemen Identitaslah yang akan menyediakan fungsi pemetaan identitas akar ke identitas kedua, bagi pihak yang membutuhkan layanan dan memiliki kredensial yang benar.

Otentikasi berfungsi untuk mengikat sebuah objek dengan identitasnya (identitas akar) dan untuk menjamin properti maupun peran dari objek tersebut. Misalnya jika sebuah objek adalah pengguna, maka properti yang dijamin dapat berupa: berusia lebih dari 17 tahun, memiliki tanda pengenal yang sah, memiliki sertifikasi level Z dan lain-lain. Peran yang dijamin dapat berupa: manajemen, operasional, pemeliharaan dan lain-lain. Dengan demikian, sebuah objek bisa mendapatkan akses ke sumber daya IoT sesuai dengan identifikasi atau sesuai dengan peran dan propertinya. Dengan cara ini, objek masih bisa mengakses sistem tanpa harus mengungkapkan identitasnya. Yang terakhir adalah otorisasi yang merupakan proses pemberian akses terhadap informasi maupun ke sumber daya IoT bagi sebuah objek sesuai dengan aturan akses dan jenis aksi tertentu. Untuk menjamin privasi, pengguna harus memiliki kontrol penuh terhadap aturan akses yang berhubungan dengan data personalnya.

Misalnya jika pengguna ingin menemukan seseorang yang berada di dekatnya yang menyukai Maroon tanpa harus secara eksplisit mengungkapkan lokasi dirinya dan preferensi musiknya. Salah satu usulan untuk dapat mencapai tujuan ini adalah dengan *privacy coach*, yaitu di mana pembaca RFID pada telepon bergerak memindai label yang terpasang pada beberapa objek, seperti kartu pelanggan, lalu mengunduh ketentuan privasi dari perusahaan tersebut. Jika ketentuan tersebut tidak sesuai dengan keinginannya, pengguna dapat memilih untuk tidak menggunakan objek tersebut. Sebaliknya jika pembaca RFID membaca sinyal dari telepon bergerak, telepon bisa memeriksa ketentuan privasi dari pembaca tersebut lalu meminta persetujuan pengguna (*user consent*). Ketiga hal di atas dapat menjamin privasi dari sistem IoT. Akan tetapi untuk menjaga integritas data pada RFID, sensor maupun basis data dari serangan tampering (mengubah atau memodifikasi data), maka data harus disimpan dalam bentuk terenkripsi. Banyak metode enkripsi yang telah dikembangkan, antara lain

dengan menggunakan hash key dan algoritma AES. Contoh domain sistem keamanan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Contoh Domain arsitektur keamanan

3.5 Masalah Privasi IoT

Salah satu perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang paling dinamis dan menarik adalah munculnya *Internet of Things* (IoT). Meskipun teknologi jaringan telah menjadi semakin umum selama dua dekade terakhir, hingga saat ini sebagian besar terbatas untuk menghubungkan perangkat pengguna akhir tradisional, seperti mainframe, komputer desktop dan laptop, dan, baru-baru ini, smartphone dan tablet.

Beberapa tahun terakhir telah menyaksikan lampiran perangkat yang jauh lebih luas ke jaringan. Ini termasuk kendaraan, peralatan rumah tangga, perangkat medis, meteran dan kontrol listrik, lampu jalan, kontrol lalu lintas, TV pintar dan asisten digital seperti Amazon Alexa dan Google Home. Analisis industri memperkirakan bahwa saat ini ada lebih dari delapan miliar perangkat semacam itu yang terhubung ke jaringan dan memproyeksikan jumlah ini akan meningkat menjadi lebih dari 25 miliar pada tahun 2020. Meningkatnya penyebaran perangkat ini telah memungkinkan kasus penggunaan baru untuk teknologi jaringan. Beberapa

ahli memproyeksikan bahwa IoT dapat menghasilkan pendapatan sebanyak US\$13 triliun pada tahun 2025.

Analisis industri memperkirakan bahwa saat ini ada lebih dari delapan miliar perangkat semacam itu yang terhubung ke jaringan dan memproyeksikan jumlah ini akan meningkat menjadi lebih dari 25 miliar pada tahun 2020. Tidak seperti sistem dunia maya tradisional, yang menghubungkan komputer tujuan umum, sistem IoT sering kali menghubungkan perangkat yang sangat terspesialisasi yang dirancang untuk tujuan tertentu dengan tingkat kemampuan pemrograman dan penyesuaian yang terbatas. Selain itu, sistem IoT sering menyimpan dan memproses data secara terdistribusi, berbeda dengan pendekatan yang sangat terpusat untuk mengkonsolidasikan penyimpanan dan daya komputasi di pusat data besar. Selain itu, sistem IoT terkadang disebut sistem cyber-fisik, karena tidak seperti sistem cyber murni, mereka juga menyertakan sensor yang mengumpulkan data dari dunia fisik.

Sifat terdistribusi dan kehadiran sensor fisik menciptakan peluang dan kerentanan baru dari sudut pandang keamanan dan privasi. Namun, hingga saat ini, industri, pengguna akhir, dan komunitas akademis baru saja mulai menghargai apa arti penyebaran teknologi ini yang sedang berkembang dan untuk mempelajari bagaimana mempersiapkan diri menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh lingkungan teknologi baru ini.

3.5.1 Sifat Pribadi Informasi yang Dikumpulkan

Salah satu aspek IoT yang paling khas adalah semakin personalnya informasi yang dikumpulkan. Menghubungkan kendaraan ke jaringan berarti orang lain dapat melacak pergerakan kendaraan tersebut dan cara pengoperasiannya. Penggunaan perangkat pintar di rumah dapat mengungkapkan banyak informasi tentang kebiasaan penghuni dan cara mereka menjalani hidup. Memasang perangkat medis ke jaringan dapat menghasilkan informasi sensitif dalam jumlah besar tentang perawatan kesehatan masyarakat. Menggabungkan beberapa sumber data bersama-sama dan menjalankan analitik prediktif pada data yang dihasilkan dapat memungkinkan pihak yang berkepentingan untuk menyimpulkan tingkat informasi pribadi yang sangat mendetail tentang mereka yang

menggunakan perangkat IoT. Menariknya, sebuah survei terhadap konsumen AS menunjukkan bahwa mereka yang paling peduli dengan berbagi informasi yang mengungkapkan kebiasaan pribadi mereka.

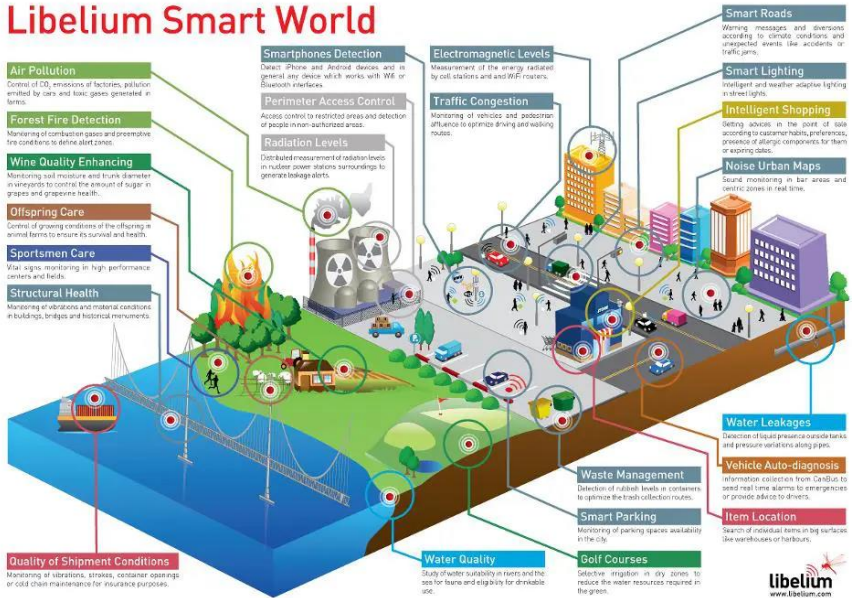
3.5.2 Sifat Terdistribusi Penyimpanan dan Pemrosesan Data

Perbedaan lain antara sistem IoT dan sistem tradisional adalah frekuensi penyimpanan dan pemrosesan data secara lokal. Fakta bahwa banyak sistem IoT memiliki sedikit toleransi terhadap latensi seringkali berarti bahwa mereka menangani banyak fungsi terkait data di perangkat lokal alih-alih mentransmisikan semua data ke lokasi pusat, seperti pusat data.

Menyimpan dan memproses data secara terdistribusi memiliki kelebihan dan kekurangan. Tidak adanya satu repositori besar dari beberapa data pengguna menghilangkan keberadaan target menggoda yang besar dengan permukaan serangan tunggal yang dapat menarik perhatian penyerang dunia maya. Pada saat yang sama, penyimpanan terdesentralisasi meningkatkan kemungkinan bahwa beberapa lokasi tidak akan secara konsisten mempertahankan tingkat kebersihan keamanan yang sesuai. Alih-alih mengandalkan satu titik keras yang dilindungi oleh kader kecil profesional keamanan yang sangat terlatih, penyimpanan dan pemrosesan terdistribusi mengandalkan ketekunan pengguna individu untuk menjaga integritas sistem.

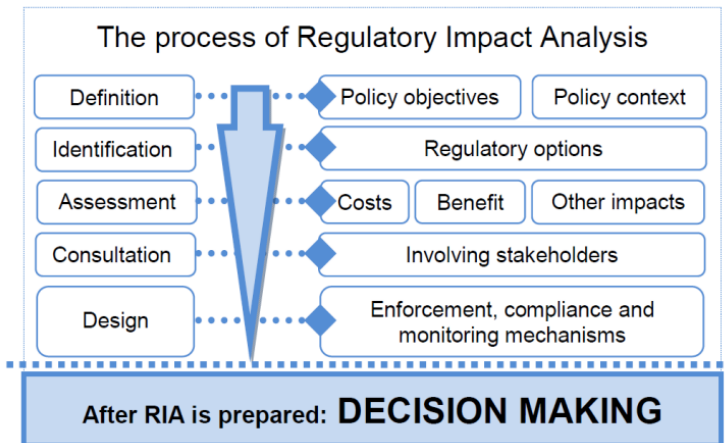
Selain itu, kurangnya kontrol terpusat berarti bahwa setiap arsitek sistem harus mempertimbangkan fakta bahwa insentif dari berbagai aktor yang terhubung ke sistem akan bervariasi. Meskipun pengambilan keputusan yang terdesentralisasi sering mengarah pada hasil yang memaksimalkan manfaat bagi sistem secara keseluruhan, hal itu tidak selalu terjadi. Dalam keadaan tertentu, mungkin demi kepentingan egois satu aktor mengirimkan data yang salah ke dalam sistem untuk mencoba mendapatkan keuntungan yang lebih besar atau menanggung biaya yang lebih sedikit. Bahkan jika setiap aktor mengirimkan informasi yang akurat, masing-masing aktor mungkin merasa menguntungkan untuk menyimpang dari harapan mereka.

Libelium Smart World



Gambar 3. 5. Libelium Smart World dengan IoT

3.6 Kerangka regulasi IoT



Gambar 3. 6. Regulatory Impact Analysis (RIA)

Menyusun suatu regulasi pemerintah, memerlukan langkah-langkah yang dipersiapkan dengan baik. Selain memperhitungkan berbagai alternatif dalam menyusun suatu aturan, perlu juga diperhitungkan manfaat dan biaya yang mungkin timbul dari aturan tersebut. Komunikasi dengan pihak yang berkepentingan termasuk masyarakat juga sangat diperlukan, untuk mendapatkan masukan yang penting bagi penyusunan aturan sehingga pada saat penerapannya tidak menimbulkan resistensi yang besar.

Regulatory Impact Assessment (kadang disebut juga *Regulatory Impact Analysis*) atau disingkat menjadi RIA, merupakan suatu metode yang digunakan dalam penyusunan suatu aturan yang secara prinsip dapat mengakomodasi langkah-langkah yang harus dijalankan dalam penyusunan suatu aturan. Kerangka kerja RIA seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6. Metode ini mulai populer di awal tahun 2000-an, dan banyak digunakan di negara-negara maju. Dalam hal penyusunan peraturan perundangan, pada tahun 2011 telah terbit Undang-undang (UU) Nomor 12 tahun 2011 yang merupakan pedoman dalam penyusunan dan pengajuan undang-undang maupun peraturan daerah. Dalam undang-undang tersebut dijabarkan mengenai tata cara penyusunan Undang-undang mulai dari tahap penyusunan rencana hingga pengesahannya.

Proses pembentukan peraturan perundangan yang diatur dalam UU Nomor 12 tahun 2011, diharapkan dapat mengakomodasi kebutuhan dalam penyusunan suatu peraturan perundangan. Namun karena UU ini baru saja diterbitkan, dan baru diimplementasikan, sejauh ini belum terdapat kajian yang membandingkan konsep dalam UU tersebut dengan prinsip penyusunan peraturan yang belakangan ini digunakan di berbagai negara salah satunya konsep RIA pertama kali diterapkan sebagai suatu proses dalam pemerintahan Amerika pada tahun 1970-an². Namun mulai populer setelah OECD mulai menerapkan ide dan mempublikasikan RIA pada bulan Maret 1995 dalam bentuk pedoman penerapan RIA. Penggunaan RIA untuk pengajuan peraturan baru telah diwajibkan di pemerintah pusat Inggris sejak tahun 1998 dan pedoman RIA diperkenalkan pada tahun 2000 untuk departemen pemerintahan di Inggris. Pada tahun 2001, 20 negara anggota OECD mengklaim telah

menerapkan RIA. Selain itu organisasi donor internasional seperti Bank Dunia dan Asian Development Bank telah berinisiatif untuk menyebarkan konsep RIA ke negara berkembang, sedangkan Komisi Eropa memperkenalkan system Impact assessment pada tahun 2003. Perkembangan berikutnya semakin banyak anggota OECD yang menggunakan konsep RIA ini.

Pada dasarnya, *Internet of Things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis Internet. Istilah Internet of Things awalnya disarankan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dan mulai terkenal melalui Auto-ID Center di MIT. Saat ini Internet Of Things (IoT) tengah menjadi issue yg hangat menjadi perbincangan berbagai kalangan. Internet Of Things Indonesia juga mulai akrab di tengah masyarakat dan banyak digunakan untuk membantu berbagai aktivitas sehari-hari.

Internet Of Things (IoT) merupakan suatu teknologi yang dapat menghubungkan berbagai hal, baik secara fisik maupun virtual melalui internet, ternyata memiliki banyak fungsi yang sebelumnya mungkin belum pernah diduga atau dianggap mungkin terjadi.

Sejak tahun 1999 tersebut, perkembangan layanan dan bisnis Machine to Machine (M2M) atau Internet of Things di dunia Internasional dan juga Indonesia terus menunjukkan peningkatan yang signifikan. Sektor perangkat rumah tangga, perkantoran, korporasi, dan transportasi adalah sektor yang paling banyak menerapkan teknologi IoT/M2M atau layanan yang terhubung dengan internet.

Pada ajang Konferensi Asia IoT Business Platform 2016 ke-9 di JW Marriot Hotel, Jakarta yang berlangsung selama dua hari pada tanggal 15-16 Agustus 2016, menunjukkan bahwa Indonesia merupakan Negara yang memiliki potensi market Internet Of Things (IoT) terbesar di kawasan Asia Tenggara.

Penerapan Internet Of Things di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal seperti smart city, smart public transportation system, digital payment, manufaktur dan ritel, logistik atau semacamnya. Tidak hanya itu saja, Internet Of Things juga mendorong industri untuk

menciptakan atau mengembangkan aplikasi baru yang dapat digunakan diberbagai sektor kehidupan seperti e-Health, pendidikan, asuransi user-based dan aplikasi bisnis.

Terkait dengan smart city, Internet of things juga bisa diterapkan bagi pemerintahan melalui e-Government untuk mengelola administrasi kota dan pelayanan publik dengan lebih efisien. IoT juga menghadirkan solusi-solusi analitik video untuk smart parking, smart lighting (penerangan jalan), pengelolaan sampah, dan manajemen lalu lintas real-time dengan analitik video akan menjadi solusi menghadapi berbagai tantangan kota dan provinsi.

Salah satu contoh penerapan internet of things Indonesia melalui smart city yaitu Jakarta Smart City Portal (aplikasi Qlue) yang diluncurkan pada tahun 2015 oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta 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, dll.

Menurut Setiaji, terdapat sekitar 200-300 laporan/pengaduan setiap hari untuk setiap departemen. Dengan Jakarta Smart City Portal, pemerintah pusat dapat melacak efisiensi para pejabat yang bertanggung jawab dalam menangani masalah perkotaan.

BAB IV

STUDI PENGGUNAAN INTERNET OF THINGS (IOT)

IoT telah membawa perubahan cukup signifikan dalam cara manusia berinteraksi dengan objek di sekitarnya. Memungkinkan objek-objek yang sebelumnya “diam” berubah menjadi cerdas dan mampu terhubung secara nirkabel. Pada bagian ini akan dibahas pemanfaatan teknologi IoT dalam beberapa aspek kehidupan manusia seperti kesehatan, transportasi, pertanian, rumah tinggal, manufaktur, serta sektor energi dan pemanfaatannya.

4.1 IoT di Bidang Perawatan Kesehatan

Penggunaan IoT di layanan kesehatan mengalami perkembangan yang sangat pesat, didukung dengan berbagai aplikasi yang diterapkan dalam mengatur layanan kesehatan. Perangkat teknologi dapat dimanfaatkan untuk memantau kondisi kesehatan pasien, mengumpulkan data dari beberapa praktik kesehatan, dan meningkatkan efisiensi dalam pemberian layanan kesehatan. Beberapa contoh penerapan IoT di bidang kesehatan meliputi:

4.1.1 Pemantauan Pasien Jarak Jauh (*Remote Patient Monitoring*)

Perangkat IoT dapat digunakan untuk memonitor kondisi kesehatan pasien dari jarak jauh, sehingga memungkinkan pemantauan tanda-tanda vital secara berkelanjutan yang disertai dengan parameter kesehatan lainnya. Hal ini tentu saja sangat bermanfaat khususnya bagi pasien dengan penyakit kronis yang membutuhkan pemantauan secara intensif dari tenaga kesehatan.

Elemen dasar dalam proses *Remote Patient Monitoring* meliputi proses akuisisi data, sistem pengolahan data, pusat data di rumah sakit, serta jaringan komunikasi. Sensor sebagai perangkat akuisisi data dibutuhkan untuk mendeteksi tanda-tanda vital seperti *electrocardiogram*, detak jantung, laju pernafasan, tekanan darah, suhu tubuh, gula darah, serta aktivitas sistem saraf sudah tersedia dan banyak digunakan di banyak rumah sakit. Data-data yang tersedia tersebut lalu dikumpulkan di pusat data yang ada di rumah sakit, lalu dapat diproses dan diolah dalam sebuah platform atau aplikasi terintegrasi untuk dianalisis lebih lanjut berdasarkan kebutuhan dan diagnosa penyakit masing-masing pasien.



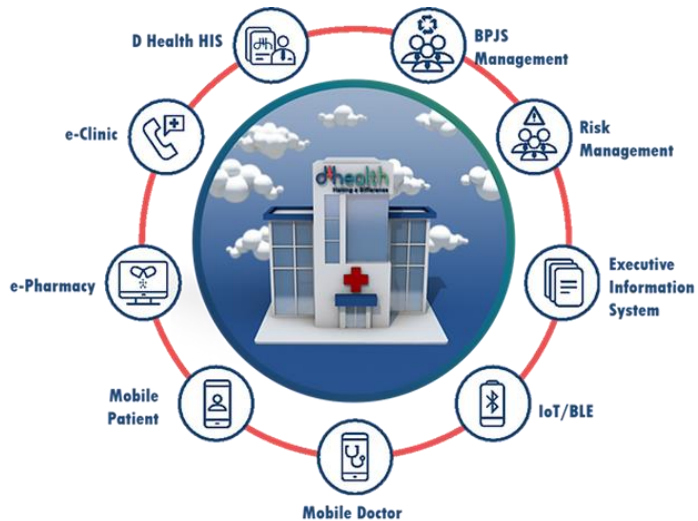
Gambar 4. 1. Penggunaan Sensor untuk Memantau Kondisi Kesehatan dari Jarak Jauh

Sumber: www.alomedika.com

4.1.2 Pengembangan Rumah Sakit Pintar (*Smart Hospital*)

Dalam beberapa tahun terakhir terjadi perubahan tren dalam bidang medis, dari perawatan dan penyembuhan penyakit menjadi pencegahan penyakit dengan obat. Sejalan dengan perubahan tersebut, banyak rumah sakit telah memperkenalkan teknologi kecerdasan buatan, robotika, dan perangkat teknologi lainnya yang berbasis TIK. Hal tersebut menjadi sebuah angin segar dalam peningkatan kualitas diagnosa penyakit dan tindakan perawatan.

Di sisi lain terdapat sebuah urgensi untuk menciptakan iklim pelayanan kesehatan dengan biaya operasional yang lebih efisien dengan menciptakan jaringan interkoneksi antara satu penyedia layanan kesehatan dengan fasilitas kesehatan lain seperti apotek, klinik, serta panti rehabilitasi, dengan mengintegrasikan TIK. Hal ini dipercaya mampu menyediakan layanan kesehatan yang berpusat pada pasien, dimana pasien dapat memilih metode perawatan apa yang akan dipilih. Kecenderungan tersebut yang menjadi pelopor dari terciptanya konsep Rumah Sakit Pintar (*Smart Hospital*).



Gambar 4. 2. Aplikasi Hasil Pemanfaatan IoT yang Terintegrasi dengan Operasional Fasilitas Kesehatan

Sumber: www.dhealth.co.id

Tak hanya bisa digunakan untuk pemeriksaan kondisi kesehatan pasien secara langsung, beberapa perangkat teknologi dan aplikasi yang terintegrasi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional rumah sakit. Termasuk dalam hal ini meliputi sensor untuk melacak bahan dan peralatan kesehatan, otomasi sistem manajemen inventaris, serta pengaturan jadwal perawatan pasien secara lebih teratur.

Peralatan kesehatan juga dapat dimonitor kondisinya selama pemakaian atau penyimpanan, untuk mendeteksi adanya potensi adanya kerusakan atau masalah yang akan timbul pada peralatan tersebut. Hal ini akan memudahkan proses *maintenance* peralatan kesehatan, sehingga meminimalisir kerusakan alat yang berkelanjutan, yang akan mengganggu proses pemberian layanan kesehatan kepada pasien.

IoT juga bisa dimanfaatkan untuk memantau kepatuhan pasien dalam mengkonsumsi obat-obatan yang telah diresepkan. Penggunaan kotak pil pintar dengan mengidentifikasi jenis obat yang diresepkan, serta diagnosa penyakit pasien, akan menjadi acuan pola konsumsi obat, dan mampu meminimalisir risiko salah konsumsi obat.

4.1.3 Telemedicine

Untuk mengatasi adanya kemungkinan pasien tidak bisa hadir secara langsung di rumah sakit atau klinik, maka bisa diterapkan proses konsultasi kesehatan jarak jauh antara pasien dengan tenaga kesehatan terkait. Menurut WHO, dengan adanya layanan *telemedicine* dapat memberi dukungan klinis, mengatasi hambatan geografis dan jarak, meningkatkan kesehatan masyarakat, dan melibatkan penggunaan bermacam perangkat teknologi informasi dalam pelayanan kesehatan.



Gambar 4. 3. Ilustrasi Telemedicine

Sumber: www.infokes.dinus.ac.id

Telemedicine dapat menjadi salah satu solusi dari masalah pelayanan kesehatan yang utama di Indonesia, yaitu keterbatasan jumlah dokter, dan persebarannya yang belum merata. Di Amerika sendiri *telemedicine* dimanfaatkan untuk meningkatkan akses ke populasi veteran tentara yang banyak tinggal di daerah pedesaan. Hasil pengobatan dengan *telemedicine* ternyata memberikan hasil yang efektif, dan mampu menurunkan biaya perawatan secara efektif. Layanan ini juga menjadi sangat populer ketika pandemi COVID-19 melanda dunia.

4.1.4 Keamanan dan Perlindungan Data Kesehatan Pribadi

Sudah menjadi sebuah keharusan bahwa data yang bersifat pribadi harus dilindungi, tak terkecuali data informasi kesehatan personal. Data kesehatan termasuk dalam kategori data sensitif, yang pengelolaannya membutuhkan mekanisme perlindungan yang ketat dan terbatas, dengan menjamin akuntabilitasnya. Keamanan data kesehatan pribadi juga dijamin 6 undang-undang yang ada di Indonesia, meliputi UU Praktik Kedokteran, UU Rumah Sakit, UU Kesehatan Jiwa, UU Tenaga Kesehatan, dan UU Narkotika. Mengingat informasi kesehatan biasa diperoleh di rumah sakit atau fasilitas kesehatan serupa, maka perlu adanya upaya perlindungan data kesehatan personal yang dapat dilakukan oleh lembaga-lembaga tersebut.

Perangkat IoT memiliki potensi untuk meningkatkan keamanan data kesehatan personal pada pelayanan kesehatan. Protokol pengamanan seperti *Transport Layer Security* (TLS) dan *Secure Sockets Layer* (SSL) dapat dimanfaatkan oleh perangkat IoT untuk mengenkripsi data dengan algoritma pemrograman tertentu, sehingga dapat terhindar dari penyadapan oleh pihak yang tidak berwenang. Perangkat IoT juga perlu dirancang untuk bias mengautentikasi dan mengotorisasi pengguna dan perangkat untuk mencegah akses ilegal ke data personal yang bersifat sensitif. Untuk dapat menjalankan sistem tersebut secara optimal, lembaga pelayanan kesehatan juga perlu memberikan penyuluhan kepada pengguna tentang kiat-kiat yang dapat dilakukan untuk penggunaan perangkat IoT. Adapun upaya yang dapat dilakukan seperti penggunaan kata sandi yang kompleks,

otentikasi bertingkat, dan waspada terhadap *phishing* dan potensi bahaya penyadapan dari sosial media.

Secara keseluruhan, penggunaan IoT di bidang layanan kesehatan dapat memberi manfaat baik bagi pasien, tenaga medis, serta operasional fasilitas kesehatan yang terkait. Upaya digitalisasi juga sudah mulai diterapkan oleh beberapa rumah sakit ternama dalam rangka memudahkan prosedur operasional, dan pengawasan terhadap proses perawatan dan pengobatan pasien. Mengingat teknologi yang terus berkembang, maka tidak menutup kemungkinan adanya inovasi-inovasi baru yang bisa diterapkan di bidang pelayanan kesehatan pada masa mendatang.

4.2 IoT di Bidang Transportasi

Kehadiran IoT di bidang transportasi mampu mentransformasi industri transportasi dengan kemampuannya yang sanggup melakukan pemantauan secara *real-time*, analisa, dan optimasi beberapa aspek dalam sistem transportasi secara luas. Beberapa cara pemanfaatan IoT dalam bidang transportasi meliputi:

4.2.1 Manajemen Armada Transportasi

Bagi sebuah perusahaan transportasi yang memiliki beberapa armada atau kendaraan komersial tentu harus lihai dalam mengatur operasional armadanya. Perangkat IoT dapat dipasang pada armada tersebut untuk membantu melacak lokasi dari kendaraan tersebut saat sedang digunakan. Parameter-parameter lain seperti kecepatan, konsumsi bahan bakar, dan jarak tempuh dapat dipantau secara *real-time*. Informasi ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam optimasi rute atau trayek perjalanan, meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi biaya perawatan, serta menjaga keamanan pengemudi selama perjalanan.

4.2.2 Manajemen Lalu Lintas

Salah satu hal yang menyebabkan kepadatan lalu lintas adalah tingginya volume kendaraan yang beroperasi di jalan. Tak jarang kepadatan tersebut bisa memicu permasalahan lalu lintas lain seperti kemacetan, kerusakan jalan, dan sebagainya. Penggunaan perangkat

IoT berpotensi untuk meminimalisir risiko timbulnya masalah di lalu lintas. Dimulai dari penggunaan kamera pengawas yang mampu memantau laju kendaraan pada area tertentu, serta untuk memantau adanya kecelakaan. Rekayasa rambu-rambu lalu lintas yang bisa dimanfaatkan untuk mengukur kepadatan lalu lintas di area tertentu yang terdeteksi memiliki kepadatan lalu lintas yang di atas normal. salah satu contohnya adalah integrasi IoT dengan lampu lalu lintas. Durasi lampu lalu lintas dapat berubah secara otomatis menyesuaikan kondisi jalanan, dan waktu. sehingga saat kondisi jalanan tidak terlalu ramai, durasi lampu dapat dikurangi. Kamera jalanan juga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya pelanggaran lalu lintas, seperti pelanggaran marka jalan, parkir liar, pelanggaran lampu lalu lintas, dan sebagainya secara otomatis. Sehingga memudahkan penegak hukum untuk menindak pelanggaran lalu-lintas.

4.2.3 Manajemen Logistik

Infrastruktur jalan raya memiliki peran penting dalam sektor perekonomian negara, karena memegang fungsi mobilitas, yaitu fungsi mendistribusikan produk melalui moda transportasi darat. Mobilitas menjadi hal fundamental dan penting dalam sektor perekonomian yang menjadi pilar utama sektor produksi. Iklim transportasi yang tidak kondusif akan berdampak langsung dengan pengurangan volume barang baku untuk diproduksi, maupun barang jadi untuk disebarakan ke pasar sesuai permintaan.

Penggunaan IoT memiliki potensi yang cukup besar untuk merevolusi sistem operasional bisnis yang berjalan. salah satu keuntungan yang ditawarkan adalah peningkatan visibilitas produk. Sensor dapat dipasang pada proses pengiriman logistik untuk memberikan informasi yang lengkap mengenai lokasi, suhu ruangan, kelembapan, dan kondisi lingkungan sekitar. Informasi ini dapat digunakan untuk mendapat rute pengiriman yang terbaik untuk menghindari keterlambatan pengiriman, dan menjamin kondisi barang yang akan dikirim.

4.2.4 Kendaraan Otonom (*Autonomous Vehicles*)

Perangkat IoT merupakan komponen vital dalam pengembangan kendaraan otomatis. adapun komponen yang digunakan meliputi sensor, kamera dan perangkat lainnya yang digunakan untuk navigasi perjalanan dan menghindari adanya tabrakan dengan objek di sekitar kendaraan. komponen tersebut menghasilkan data dalam jumlah yang sangat besar yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan performa kendaraan, keamanan, dan pengembangan sistem kendaraan otomatis untuk ke depannya.

Kendaraan otonom merupakan kendaraan yang mampu menyesuaikan dengan lingkungan sehingga dapat dijalankan tanpa pengemudi dan tanpa campur tangan langsung manusia selama perjalanan berlangsung, dimulai dari awal hingga sampai ke tujuan. semua tugas yang biasa dilakukan oleh manusia sebagai pengemudi digantikan oleh ADS (*Automated Driving System*).



Gambar 4. 4. Purwarupa *Autonomous Vehicle* yang Dicetuskan oleh Google

Sumber: www.wired.co.uk

Untuk mampu mengenali kondisi lingkungan di sekitar dan menunjang sarana navigasi, kendaraan otonom menggunakan beberapa sensor, meliputi:

- LIDAR (*Light Detection and Ranging*), yang mendeteksi visualisasi lingkungan sekitar dalam radius 200 kaki, dengan melakukan gerakan rotasi 360 derajat selama kendaraan

dioperasikan. Hasil visualisasi akan diproses oleh komputer untuk menghasilkan peta 3 dimensi secara *real time*. Dari sini prosesor akan mengatur arah gerak mobil dengan pertimbangan hasil visualisasi yang didapat.

- *Position estimator* yang biasa diletakkan di sekitar ban, berfungsi untuk mendeteksi arah gerakan ban apakah sudah sesuai dengan instruksi yang diberikan atau tidak.
- Kamera video juga dimanfaatkan pada kendaraan otonom untuk mendeteksi objek-objek bergerak di sekitar mobil, seperti kendaraan lain maupun pejalan kaki.
- Radar (*Radio Detection and Ranging*) sensor juga digunakan untuk menentukan adanya objek yang mendekat atau menjauh dari kendaraan. Sensor ini juga biasa didukung dengan penggunaan sensor ultrasonik untuk parkir otomatis, dan menghindari adanya tabrakan terhadap objek saat kendaraan melaju.
- IMU (*Inertial Measurement Units*) digunakan untuk mengukur percepatan, dan orientasi kendaraan sehingga didapatkan gerakan kendaraan yang akurat dan mampu melakukan penyesuaian posisi yang dibutuhkan.
- Untuk meningkatkan interkoneksi kendaraan otonom dengan infrastruktur di sekitarnya V2X (*Vehicle-to-Everything*) sensor digunakan sebagai media komunikasi. sebagai contoh apabila ada kendaraan darurat yang akan melintas seperti ambulans atau truk pemadam api, maka akan muncul peringatan ke kendaraan otonom sehingga dapat memberi akses jalan prioritas kepada kendaraan darurat tersebut secara otomatis.

IoT telah mengubah wajah industri transportasi dengan memberikan solusi cerdas dan terhubung yang memberi dampak positif pada penggunaan energi, keamanan, serta kenyamanan penggunaannya. Hal tersebut jika terus dikembangkan akan mempercepat transformasi menuju era transportasi pintar yang berkelanjutan di masa depan.

4.3 IoT di Bidang Pertanian

Penggunaan IoT dalam bidang pertanian dan peternakan telah berevolusi dengan cepat, seiring dengan berjalannya waktu. Dengan berbagai piranti yang mendukung, IoT dapat memberikan manfaat yang cukup signifikan bagi para pelaku pertanian maupun peternakan. Sehingga dapat menghasilkan praktik pertanian yang lebih akurat, dan efisien. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan penerapan IoT pada sektor pertanian menjadi sebuah kebutuhan mengingat semakin tingginya kebutuhan pangan sehingga tercipta stabilitas pangan secara lokal maupun global.

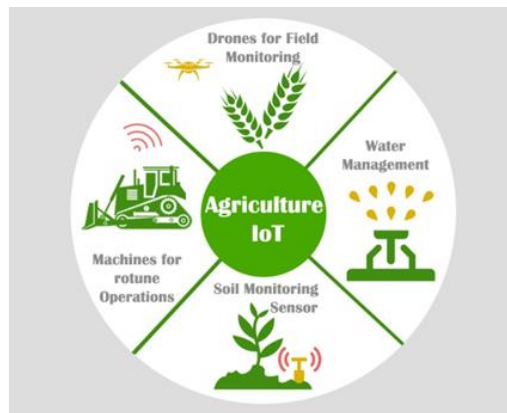
Teknologi IoT dapat diintegrasikan dengan praktik pertanian. Beberapa sensor dimanfaatkan untuk memonitor pertumbuhan tanaman yang tumbuh di ladang. Hasil pemantauan tersebut dapat dimanfaatkan oleh para petani untuk mengkalkulasi kebutuhan pupuk, air, dan pestisida secara akurat, sehingga berpotensi mengurangi biaya produksi yang harus dikeluarkan. Praktik tersebut yang menjadi dasar dalam implementasi pertanian presisi atau *precision farming*.

Pertanian presisi sendiri merupakan sebuah konsep sistem pertanian terpadu yang berbasis pada data dan informasi untuk meningkatkan efisiensi produksi, dengan memanfaatkan sumber daya (*resources*) secara efektif. Penerapan pertanian presisi diharapkan mampu menekan biaya produksi sehingga menghasilkan profitabilitas produksi dari hulu ke hilir secara berkelanjutan.

Untuk menghasilkan kalkulasi yang akurat, sistem ini sudah tentu membutuhkan informasi dalam jumlah yang besar terkait kondisi tanah, pertumbuhan tanaman, kondisi cuaca, resiko hama, dan sebagainya untuk bisa dianalisis lebih lanjut. Informasi tersebut bisa diperoleh dengan memanfaatkan IoT yang mampu mengumpulkan dan mentransmisikan data secara *real-time*, sehingga membantu para pelaku pertanian untuk mengambil tindakan. Sebagai contoh, sensor kelembaban tanah, sensor suhu, sensor unsur hara tanah (*nutrient sensor*) dapat diintegrasikan untuk mengamati kondisi ladang/sawah yang ditanami tumbuhan. Informasi tersebut selanjutnya dapat dijadikan acuan untuk pengaturan sistem irigasi, kebutuhan pupuk, dan

mendeteksi adanya potensi gangguan penyakit tanaman dan hama. Lebih lanjut, IoT juga bisa diintegrasikan dengan drone untuk mengawasi kondisi tanaman secara visual untuk memperoleh informasi kondisi tanaman pada area yang lokasinya mungkin cukup jauh dicapai.

Selain untuk mengawasi kondisi ladang dan tanaman, teknologi IoT juga bisa dimanfaatkan untuk menciptakan sebuah sistem irigasi pintar, dimana penggunaan air bisa diatur berdasarkan temperatur, cuaca, dan kelembaban tanah. Sehingga mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya air menjadi lebih efisien berdasarkan kebutuhan.



Gambar 4. 5. Ilustrasi Penerapan IoT dalam Sektor Pertanian

Sumber: www.javatpoint.com

Penggunaan teknologi IoT juga dapat diterapkan pada mesin-mesin yang digunakan dalam pertanian seperti traktor dan mesin pemanen (*harvester*). Sensor-sensor tertentu dapat dipasang pada peralatan tersebut untuk mengamati beberapa parameter seperti performa mesin, konsumsi bahan bakar, temperatur mesin, dan kelembaban. Informasi tersebut dapat disimpan ke basis data dan dapat diamati secara langsung apabila didapat indikasi kondisi abnormal ataupun kerusakan. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh petani untuk mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin muncul pada

peralatan tersebut, sehingga bisa dilakukan tindakan preventif maupun korektif untuk menghindari kerusakan berlanjut.

Penerapan teknologi IoT dalam sektor pertanian tentu saja tidak lepas dari tantangan. Sektor primer seperti pertanian yang selama ini terkesan dengan proses produksi yang bersifat konvensional dan tradisional, tentu akan sulit jika diintegrasikan dengan teknologi yang modern. Beberapa tantangan seperti tingginya biaya investasi, rumitnya infrastruktur penunjang, rumitnya proses analisis, serta sulitnya menjaga keamanan data yang dihasilkan. Sebagian besar petani tentu akan merasa kesulitan untuk menyediakan dana sebagai investasi awal pengembangan IoT di sektor pertanian. Rumitnya pengoperasian alat-alat juga menjadi kendala tersendiri mengingat kebanyakan petani memiliki kemampuan yang terbatas dalam menggunakan peralatan canggih.

Di sisi lain, ketergantungan IoT terhadap penggunaan jaringan internet menjadi kendala tersendiri. Lokasi ladang atau sawah yang biasa terdapat di daerah pedesaan kebanyakan masih belum terdapat infrastruktur jaringan yang memadai. Diperlukan pembangunan total di bidang infrastruktur untuk menunjang penerapan IoT di sektor pertanian.

Untuk mengatasi masalah tersebut tentunya diperlukan kerja sama yang nyata dari beberapa pemangku kepentingan (*stakeholders*) yang terkait. Termasuk diantaranya aparat pemerintahan, praktisi bidang terkait, ilmuwan, serta Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM). Pemerintah dapat memberikan bantuan berupa regulasi yang mendukung pengembangan teknologi di area pertanian, serta subsidi bantuan sebagai modal untuk para petani. Ilmuwan dan para praktisi dapat bekerjasama untuk perancangan dan pengadaan infrastruktur jaringan internet dan komunikasi lainnya di area pertanian. Tak lupa peran dari LSM yang bekerjasama dengan praktisi untuk senantiasa memberi pendampingan dan penyuluhan kepada para petani agar lebih sadar tentang perkembangan teknologi yang terjadi, sehingga mampu memberikan manfaat tambahan khususnya di sektor pertanian. Kolaborasi yang berkelanjutan dan menyeluruh dapat membantu para

petani meningkatkan efisiensi dalam produksi, untuk menunjang stabilitas ketahanan pangan.

4.4 IoT di Rumah Tempat Tinggal

Teknologi IoT sudah berevolusi dengan sangat pesat hingga mulai merambah penerapannya di rumah atau tempat tinggal, sehingga memberi berbagai manfaat bagi penghuninya. Semua peralatan yang ada di rumah dapat terhubung antara satu dengan lainnya melalui internet, dan dapat dioperasikan secara jarak jauh (*remote*). Pengembangan rumah pintar mengintegrasikan berbagai cabang teknologi dan disiplin ilmu meliputi *software engineering*, analisis data, pemanfaatan sensor, dan sistem kelistrikan. Dengan tren perkembangan teknologi yang berkembang sangat pesat, potensi penerapan IoT untuk rumah pintar juga diperkirakan akan terus berevolusi, dengan pemanfaatan sistem otomasi dan perangkat yang modern untuk lebih memberi kemudahan bagi penghuni. beberapa aplikasi IoT yang dimanfaatkan dalam rumah pintar meliputi:

4.4.1 Otomasi Tempat Tinggal (*Home Automation*)

Penerapan IoT untuk Rumah Otomatis meliputi penggunaan beberapa perangkat dan sensor yang terhubung untuk menciptakan lingkungan tempat tinggal yang lebih nyaman. seperti misalnya sebuah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan orang di ruangan tertentu, dan dapat mengatur temperatur ruangan ke suhu ideal menggunakan AC secara otomatis. Sistem pencahayaan juga diatur secara otomatis agar dapat menyala saat mendeteksi keberadaan atau gerakan dari penghuni di dalam rumah, sesuai dengan kebutuhannya. Hal ini tentu dapat meningkatkan efisiensi energi, biaya operasional tempat tinggal, serta memberi kenyamanan lebih bagi penghuninya. Sensor ultrasonik juga bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi objek di depan pagar sehingga pintu gerbang atau garasi dapat dibuka secara otomatis memanfaatkan motor listrik. Adanya jaringan internet yang terhubung ke perangkat juga memungkinkan penghuni untuk mengoperasikan peralatan rumah tangga dari jarak jauh melalui *smartphone* maupun komputer/laptop yang terhubung internet.

4.4.2. Layanan Sistem Keamanan Rumah

Sistem keamanan menjadi salah satu solusi untuk melindungi tempat tinggal dari tindak kejahatan maupun kejadian lain yang tidak diinginkan. Khususnya di saat penghuni sedang tidak berada di rumah, tidak menutup kemungkinan adanya kesempatan bagi oknum tidak bertanggung jawab yang mengancam harta benda yang tersimpan di rumah. Sistem keamanan rumah juga mampu memantau aktivitas di sekitar rumah, serta memberi peringatan dini jika ada orang atau aktivitas yang tidak diinginkan di sekitar. Peralatan seperti kamera, perekam suara, pengawasan gerak, juga pengamanan pintu diintegrasikan ke dalam suatu jaringan internet terpadu. Dengan demikian pengguna dapat memantau dan mengontrol sistem keamanan rumah dari jarak jauh melalui aplikasi di ponsel atau komputer. Sebagai contoh jika sensor gerak mendeteksi gerakan mencurigakan di dalam rumah, sistem akan memberikan notifikasi ke ponsel pengguna, dan dapat mengaktifkan perangkat alarm maupun kamera untuk merekam situasi tersebut. Pada kasus lain IoT juga dapat dimanfaatkan untuk mengaktifkan tindakan pengamanan rumah secara otomatis, seperti penguncian pintu maupun jendela, mematikan arus listrik jika terdeteksi kebakaran, dan bencana alam lainnya. Dengan demikian IoT dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk meningkatkan kualitas hidup dari penghuni rumah.

4.4.3 Rumah Pintar (*Smart Home*)

Rumah pintar berbasis IoT juga dapat dimanfaatkan untuk menjaga kesehatan dan kualitas hidup penghuninya. sebagai contoh, timbangan pintar dan alat deteksi kebugaran tubuh dapat merekam data kesehatan tubuh dan mampu memberikan saran aktivitas yang mampu meningkatkan kebugaran. Sensor kualitas udara juga dapat dimanfaatkan di dalam rumah untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Polutan-polutan udara yang terdeteksi di dalam rumah juga bisa diminimalisir dengan mengaktifkan *air-purifier*. Sensor kelembaban udara dan temperatur bisa dimanfaatkan untuk menciptakan kualitas udara yang lebih baik. Jika terdeteksi kelembaban yang tinggi, maka dapat mengaktifkan *dehumidifier* dalam rumah

untuk mengurangi kadar air dalam udara. Sebaliknya jika udara terpantau terlalu kering maka bisa mengaktifkan *humidifier* atau mode AC yang sesuai.



Gambar 4. 6. Ilustrasi *Smart Home*

Sumber: www.iconews.iconpln.co.id

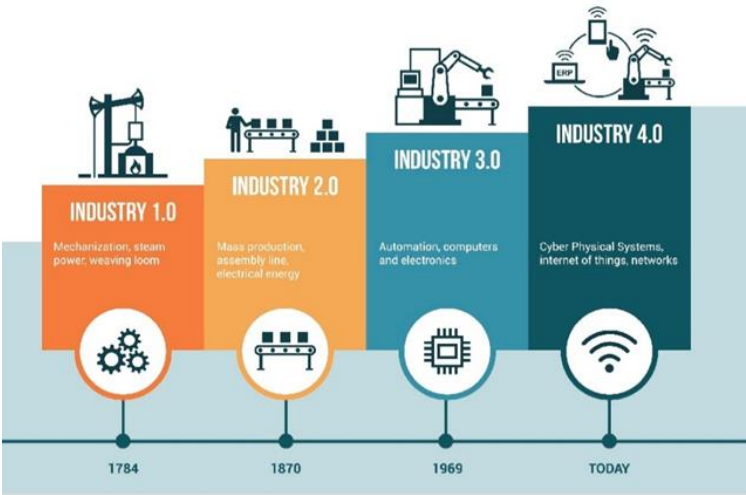
Penggunaan IoT dalam konsep rumah pintar telah merevolusi cara manusia menjalani kehidupan sehari-hari yang berkualitas di dalam rumah. Dengan koneksi yang terus-menerus antara perangkat, jaringan, dan manusia, rumah pintar mampu meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi yang belum pernah diperoleh sebelumnya. Dari pengendalian perangkat nirkabel, hingga pemantauan keamanan jarak jauh, memungkinkan manusia untuk mengatur berbagai aspek kehidupan dalam rumah tangga dengan lebih mudah dan cerdas.

4.5 IoT di Bidang Manufaktur

Penggunaan IoT pada industri manufaktur mengalami perkembangan yang sangat besar beberapa tahun terakhir mengingat kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan nilai investasi yang relatif rendah. IoT dapat dimanfaatkan untuk menghubungkan dan mengendalikan beberapa mesin dan peralatan produksi, sehingga dapat memantau dan menganalisis data

secara *real-time*. Data ini selanjutnya dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi peningkatan yang bisa dilakukan, dan memudahkan pengambilan keputusan yang berdasarkan data aktual di lapangan untuk optimalisasi proses manufaktur.

Salah satu contoh penerapan IoT adalah penggunaan sensor pada mesin-mesin produksi untuk memantau kondisi dan performa mesin saat dioperasikan. Pengamatan secara kontinyu diharapkan dapat memprediksi potensi kerusakan pada peralatan. Data yang diperoleh selanjutnya dikirimkan ke *database* untuk dianalisis menggunakan *machine learning*, sehingga dapat membantu operator dalam menentukan tindakan preventif sebelum terjadi kerusakan mesin. Dengan pemantauan kondisi peralatan yang optimal dapat mengurangi resiko kerugian akibat kerusakan mesin yang dapat mengganggu kegiatan produksi industri manufaktur.



Gambar 4. 7. Peran Dominan IoT dalam Revolusi Industri 4.0
Sumber: www.ekbis.sindonews.com

Lebih lanjut IoT juga memungkinkan bagi industri dalam melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap seluruh rantai pasok (*supply-chain*) mulai dari hulu hingga hilir. Sistem yang saling terhubung akan membantu perusahaan memantau persediaan bahan baku, proses produksi, dan pengiriman produk menuju konsumen.

Sistem yang terhubung dan terintegrasi secara tidak langsung juga mampu membantu perusahaan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Perusahaan dapat mengurangi waktu yang biasa digunakan untuk melakukan tugas-tugas rutin, sehingga karyawan atau operator hanya perlu terfokus pada pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan keahlian khusus, yang sekiranya sulit dilakukan dengan mesin maupun komputer.

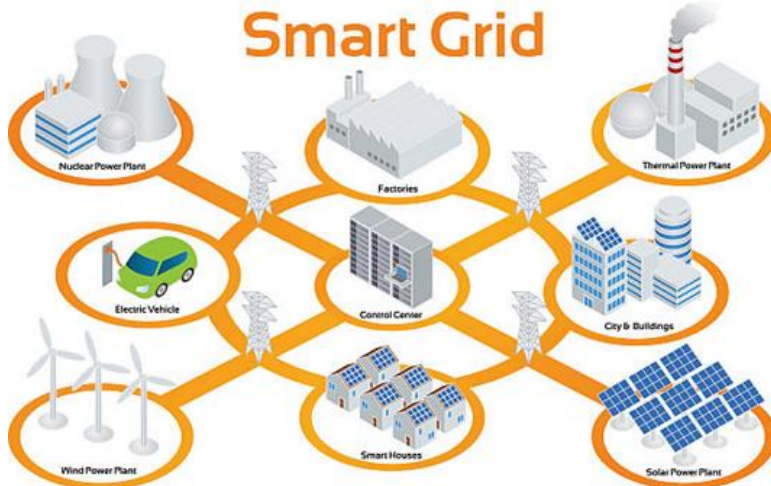
Kualitas produk menjadi salah satu indikator keberhasilan proses produksi dari sebuah perusahaan. IoT juga memiliki peran penting dalam proses pengendalian mutu dan kualitas produk yang dihasilkan dari proses manufaktur. Dengan memanfaatkan beberapa perangkat dan sensor, IoT dapat mengidentifikasi anomali atau ketidaksesuaian produk terhadap standar yang sudah ditetapkan. Lebih lanjut IoT juga dapat mengurangi risiko kecacatan produk akibat kesalahan manusia (*human error*) karena setiap proses maupun peralatan selalu diamati secara terus menerus. Sehingga dapat tercipta produk akhir berkualitas yang sesuai dengan standar, dan konsisten.

4.6 IoT di Bidang Energi dan Utilitas

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) di bidang energi dan utilitas telah memberikan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan pengelolaan yang lebih cerdas dalam sektor ini. Dengan memanfaatkan konektivitas dan kemampuan sensor IoT, berbagai aplikasi telah dikembangkan untuk memantau, mengelola, dan mengoptimalkan penggunaan energi dan utilitas.

Salah satu penerapan IoT yang signifikan adalah penggunaan *smart grid*. Teknologi *smart grid* pada dasarnya merupakan konsep teknologi yang memanfaatkan kemajuan teknologi komunikasi, komputer, dan jaringan untuk dapat mengendalikan dan mengoperasikan sistem tenaga listrik dalam menyuplai energi listrik. *Smart grid* menggabungkan teknologi komunikasi dan informasi untuk menghubungkan jaringan listrik dengan perangkat yang terhubung secara cerdas, seperti alat ukur listrik pintar (*smart metering*), sensor

distribusi, dan perangkat yang dapat mengatur penggunaan energi secara luas. Hal ini memungkinkan perusahaan listrik untuk mengumpulkan data secara *real-time* tentang konsumsi energi, mendeteksi gangguan atau kegagalan, dan mengoptimalkan aliran energi untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan energi listrik.



Gambar 4. 8. Ilustrasi *Smart Grid* yang Mengintegrasikan Jaringan Transmisi Distribusi Tenaga Listrik dengan Memanfaatkan Jaringan Internet

Sumber: www.quanta-technology.com

Seperti yang diilustrasikan pada gambar di atas, smart grid berupaya untuk mengintegrasikan berbagai elemen dalam jaringan tenaga listrik pada sebuah sistem yang padu. Dimulai dari pembangkitan listrik, proses transmisi tenaga listrik, distribusi, hingga dimanfaatkan oleh pelanggan. *Smart grid* memanfaatkan komunikasi dua arah antara utilitas dengan penggunaanya, dan mendeteksi parameter kelistrikan sepanjang jaringan transmisi. Layaknya internet, *Smart Grid* terdiri dari beberapa komponen seperti perangkat kontrol, komputer, sistem otomasi, dan teknologi mutakhir lainnya yang mampu untuk bekerja secara bersamaan. Sistem tersebut dapat dimanfaatkan untuk merespon perubahan permintaan daya listrik secara lebih cepat berdasarkan data real time.

Kemampuan *smart grid* untuk menganalisis besarnya permintaan dan penyediaan energi listrik diharapkan dapat mengoptimalkan proses transmisi energi listrik pada jaringan listrik yang tersedia. Terlebih pada suplai energi listrik berbasis energi baru terbarukan yang biasanya memiliki volume tidak terlalu besar, dan sifatnya yang intermiten. Sehingga belum bisa dimanfaatkan dalam skala yang besar. Integrasi sumber energi terbarukan dalam skala besar menjadi tantangan tersendiri saat ini mengingat minimnya infrastruktur yang memadai, serta sistem penyaluran dan pengendalian energi listrik yang masih cukup rumit. Hadirnya IoT diharapkan mampu memainkan peran penting dalam pemantauan dan pengelolaan sumber daya energi terbarukan, seperti panel surya, turbin angin, dan sumber energi terbarukan lainnya. Melalui penggunaan sensor IoT yang terhubung, informasi tentang produksi energi dapat dikumpulkan secara *real-time*, yang memungkinkan pemantauan performa dan pemeliharaan yang lebih baik, serta integrasi yang lebih efektif dengan jaringan listrik. Hal ini tentu secara tidak langsung dapat mendukung merealisasikan program pemerintah untuk mencapai bauran penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025.

Pada sektor utilitas, IoT digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan air, gas, dan infrastruktur kota lainnya. Sebagai contoh, sensor dapat dipasang di jaringan pipa untuk mendeteksi kebocoran dan mengirimkan data secara *real-time* kepada operator untuk tindakan cepat. Selain itu, penggunaan meteran air pintar memungkinkan pemantauan konsumsi air secara akurat dan pengelolaan yang lebih efisien. Pemanfaatan IoT dalam energi dan utilitas juga memberikan manfaat bagi pengguna akhir. Melalui aplikasi dan *dashboard* yang terhubung, pengguna dapat memantau dan mengontrol penggunaan energi mereka, menerima notifikasi mengenai pemakaian yang tidak efisien, dan mengambil langkah-langkah untuk mengurangi konsumsi energi. Hal ini tidak hanya membantu pengguna menghemat biaya, tetapi juga mendorong kesadaran tentang keberlanjutan dan perlindungan lingkungan.

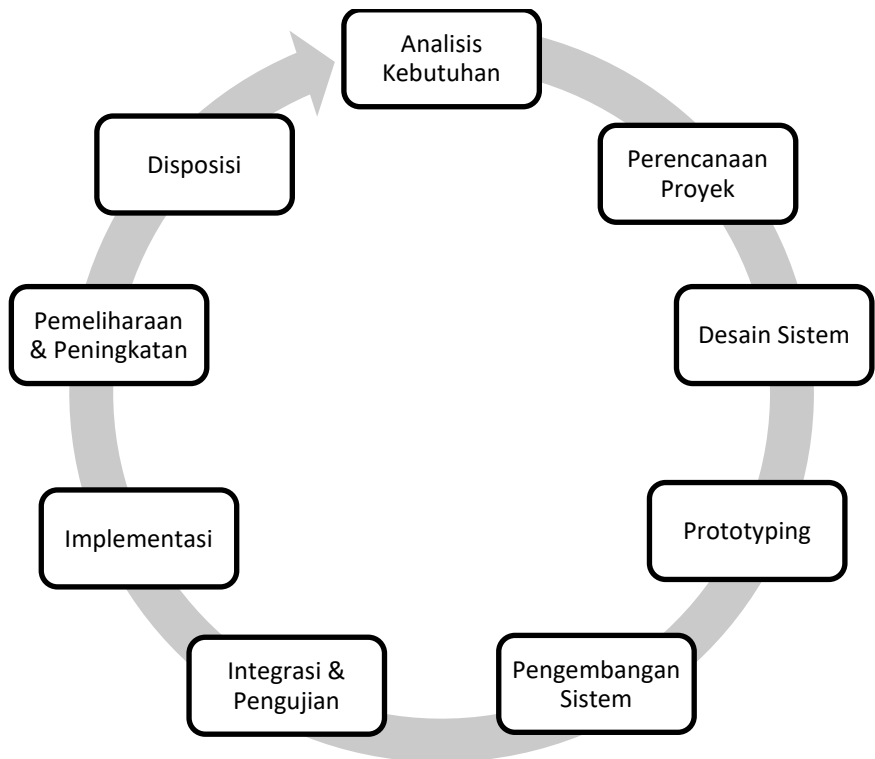
Secara keseluruhan, studi pemanfaatan IoT di bidang energi dan utilitas memberikan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan kualitas hidup. Dengan kemampuan untuk menghubungkan perangkat dan mengumpulkan data secara *real-time*, IoT telah memungkinkan pengembangan solusi yang lebih cerdas dan terintegrasi dalam mengelola energi dan utilitas.

BAB V

FUNDAMENTAL PROYEK *INTERNET OF THINGS* (IOT)

5.1 Siklus Pengembangan IoT

Proyek IoT adalah proyek yang kompleks dan memerlukan pengembangan yang matang untuk memastikan keberhasilannya. Ada sembilan langkah utama dalam siklus hidup pengembangan proyek IoT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1. Ilustrasi Siklus Pengembangan Proyek IoT

Pada tahap pertama, yaitu **Analisis kebutuhan**, adalah proses untuk memahami dan mendefinisikan kebutuhan proyek IoT yang akan dikembangkan. Tahap ini sangat penting karena akan menentukan arah pengembangan selanjutnya. Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam tahap analisis kebutuhan antara lain:

1. **Identifikasi tujuan proyek:** Tentukan tujuan proyek secara jelas dan spesifik. Misalnya, apakah proyek ini bertujuan untuk mengumpulkan data dari sensor atau untuk mengontrol suatu sistem?
2. **Identifikasi pemangku kepentingan:** Tentukan siapa saja yang akan terlibat dalam proyek ini dan apa kepentingan mereka terhadap proyek. Pemangku kepentingan dapat meliputi pengguna, manajer proyek, pengembang, dan pemilik bisnis.
3. **Identifikasi kebutuhan fungsional:** Tentukan fungsionalitas yang diperlukan dari proyek IoT. Apa saja yang harus dilakukan oleh sistem, misalnya mengumpulkan data, memproses data, atau mengontrol suatu perangkat?
4. **Identifikasi kebutuhan non-fungsional:** Tentukan kebutuhan non-fungsional seperti keamanan, skalabilitas, dan ketersediaan sistem. Kebutuhan ini harus diidentifikasi dan didefinisikan secara jelas.
5. **Evaluasi teknologi yang ada:** Evaluasi teknologi yang akan digunakan dalam proyek IoT. Pilih teknologi yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan dapat mengoptimalkan kinerja sistem.
6. **Identifikasi kendala dan risiko:** Identifikasi kendala dan risiko yang mungkin terjadi selama pengembangan proyek IoT. Kemudian, tentukan strategi untuk mengatasi kendala dan risiko tersebut.

Dalam tahap analisis kebutuhan, diperlukan kolaborasi antara tim pengembang dan pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa kebutuhan proyek dapat didefinisikan secara jelas dan lengkap. Dengan melakukan analisis kebutuhan dengan baik, diharapkan dapat

menghasilkan proyek IoT yang sesuai dengan kebutuhan dan dapat memberikan manfaat yang optimal.

Pada tahap kedua, yaitu **perencanaan proyek**, tim proyek akan merencanakan segala aspek proyek, mulai dari sumber daya yang diperlukan, seperti sumber daya manusia, perangkat keras, dan perangkat lunak, jadwal proyek, hingga anggaran yang dibutuhkan serta perencanaan manajemen risiko dan manajemen kualitas untuk menyelesaikan proyek dengan sukses. Selain itu, tim proyek harus merancang arsitektur sistem IoT. Arsitektur sistem IoT harus didasarkan pada persyaratan proyek dan mempertimbangkan faktor seperti keamanan, keandalan, dan skalabilitas. Tim proyek harus mempertimbangkan infrastruktur yang diperlukan, seperti jaringan komunikasi, server, dan perangkat penyimpanan data. Setelah tahap perencanaan proyek selesai, tim proyek harus mempersiapkan dokumen perencanaan proyek. Dokumen ini harus mencakup rincian tentang persyaratan proyek, sumber daya yang dibutuhkan, jadwal proyek, biaya proyek, risiko proyek, dan arsitektur sistem IoT. Dokumen perencanaan proyek harus disetujui oleh semua pemangku kepentingan proyek sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Tahap perencanaan proyek yang cermat dan terperinci adalah penting untuk memastikan kesuksesan proyek IoT.

Pada tahap ketiga, yaitu **desain sistem**, memainkan peran yang sangat penting dalam keseluruhan siklus proyek IoT, karena ini adalah tahap di mana semua komponen sistem didesain. Tahap ini harus dilakukan dengan cermat dan teliti agar tidak ada kesalahan atau kekurangan dalam sistem. Pada tahap ini, tim proyek IoT akan melakukan desain sistem yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya. Pertama-tama, tim akan merancang arsitektur sistem yang mencakup semua perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan dalam proyek. Arsitektur sistem akan menentukan bagaimana semua komponen akan berinteraksi satu sama lain dan berkontribusi pada tujuan keseluruhan proyek. Setelah merancang arsitektur sistem, tim akan melakukan desain rinci untuk setiap komponen sistem. Ini termasuk merancang

perangkat keras yang diperlukan untuk mengumpulkan dan mentransmisikan data, dan perangkat lunak yang diperlukan untuk menganalisis dan mengolah data tersebut. Tim juga akan merancang sistem jaringan yang akan digunakan untuk menghubungkan semua perangkat dan mengirimkan data. Tahap ini juga mencakup pemilihan platform IoT yang tepat untuk proyek. Platform IoT harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh tim proyek dan juga harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti skala proyek, kemampuan kustomisasi, dan keamanan. Pada tahap desain sistem, tim proyek IoT harus memastikan bahwa sistem yang dirancang memiliki kemampuan untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada tahap sebelumnya, serta fleksibel dan dapat ditingkatkan di masa depan. Selain itu, tim juga harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti keamanan, privasi, dan keandalan dalam desain sistem.

Pada tahap keempat, yaitu **prototyping**, tim pengembang IoT akan membuat prototype atau model awal dari sistem IoT yang akan dibangun. Pembuatan prototipe sangat penting untuk menguji desain dan konsep sistem IoT sebelum diproduksi secara massal. Dalam pembuatan prototipe, tim pengembang IoT akan mencoba membuat model yang sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan prototipe sistem IoT adalah sebagai berikut:

1. **Memilih platform prototyping yang sesuai:** Pada tahap ini, tim pengembang IoT perlu memilih platform prototyping yang sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi sistem IoT yang akan dibangun. Beberapa platform prototyping yang umum digunakan dalam pembuatan prototipe sistem IoT adalah Arduino, Raspberry Pi, dan ESP32.
2. **Menentukan sensor dan actuator yang digunakan:** Sistem IoT biasanya terdiri dari sensor dan actuator yang berfungsi untuk mengumpulkan data dan melakukan tindakan yang diinginkan. Pada tahap ini, tim pengembang IoT perlu menentukan jenis sensor dan actuator yang akan digunakan dalam sistem IoT yang akan dibangun.

3. **Membuat skema koneksi antara komponen:** Setelah menentukan jenis sensor dan actuator yang akan digunakan, tim pengembang IoT perlu membuat skema koneksi antara komponen yang ada. Skema ini akan menjadi panduan dalam membangun prototipe sistem IoT.
4. **Membangun prototipe sistem IoT:** Setelah skema koneksi selesai dibuat, tim pengembang IoT dapat mulai membangun prototipe sistem IoT sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini, tim pengembang IoT perlu memastikan bahwa prototipe yang dibangun sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
5. **Melakukan uji coba dan evaluasi:** Setelah prototipe sistem IoT selesai dibangun, tim pengembang IoT perlu melakukan uji coba dan evaluasi terhadap prototipe yang telah dibuat. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem IoT yang dibangun sudah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan sebelumnya.

Dalam melakukan uji coba dan evaluasi, tim pengembang IoT perlu memeriksa kinerja sistem IoT yang telah dibangun, seperti ketepatan sensor dan respons actuator terhadap input data yang diterima. Jika terdapat kekurangan atau kesalahan pada prototipe yang dibangun, maka perlu dilakukan perbaikan atau revisi pada desain atau komponen yang digunakan. Dengan melakukan prototyping, tim pengembang IoT dapat menguji desain dan konsep sistem IoT sebelum diproduksi secara massal. Hal ini dapat menghemat waktu dan biaya dalam pengembangan sistem IoT, serta memastikan bahwa sistem yang dibangun sudah sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Pada tahap kelima, yaitu **pengembangan sistem**, pengembang akan membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menghubungkan berbagai komponen sistem. Perangkat keras tersebut meliputi sensor, aktuator, kontroler, dan gateway. Sedangkan perangkat lunak yang dibuat mencakup aplikasi dan sistem manajemen

data. Pada tahap pengembangan sistem, para pengembang perlu memperhatikan beberapa hal, antara lain:

1. **Keterampilan teknis:** Para pengembang harus memiliki pengetahuan dan keterampilan teknis yang memadai untuk membangun sistem IoT yang kompleks dan terintegrasi. Hal ini mencakup pemrograman perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem manajemen data.
2. **Kesesuaian dengan standar industri:** Para pengembang harus memastikan bahwa sistem yang mereka bangun sesuai dengan standar industri dan keamanan yang ditetapkan. Hal ini melibatkan pengujian kinerja, pengujian keamanan, dan pemeliharaan standar kualitas.
3. **Integrasi sistem:** Para pengembang harus memastikan bahwa semua komponen sistem terhubung dengan baik dan berfungsi dengan baik bersama-sama. Hal ini melibatkan pengujian dan pengintegrasian perangkat keras dan perangkat lunak.
4. **Skalabilitas:** Para pengembang harus mempertimbangkan kemampuan sistem untuk berkembang seiring waktu dan dapat menangani jumlah data yang semakin besar. Hal ini melibatkan penggunaan teknologi dan perangkat keras yang dapat ditingkatkan dan diperluas.
5. **Optimisasi energi:** Para pengembang harus mempertimbangkan bagaimana mengoptimalkan penggunaan energi dalam sistem IoT, terutama pada perangkat yang terkoneksi dengan baterai. Hal ini melibatkan penggunaan teknologi yang hemat energi dan desain perangkat keras yang efisien.

Pada tahap keenam, yaitu **integrasi dan pengujian**, semua modul dan komponen yang telah dikembangkan akan digabungkan menjadi satu sistem yang utuh. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa semua komponen dan modul dapat bekerja dengan baik bersama-sama dan saling terhubung secara efektif. Langkah-langkah yang perlu dilakukan pada tahap integrasi antara lain:

1. **Pengujian Komponen:** Sebelum modul dan komponen digabungkan menjadi satu sistem, perlu dilakukan pengujian terhadap masing-masing komponen untuk memastikan bahwa semuanya berfungsi dengan baik. Hal ini akan membantu meminimalkan risiko terjadinya masalah pada tahap selanjutnya.
2. **Integrasi Modul:** Setelah semua komponen diuji dan dinyatakan berfungsi dengan baik, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan semua modul menjadi satu sistem yang utuh. Pada tahap ini, diperlukan kemampuan untuk mengintegrasikan modul yang dikembangkan dalam berbagai bahasa pemrograman, platform dan teknologi yang berbeda-beda.
3. **Pengujian Integrasi:** Setelah modul dan komponen diintegrasikan menjadi satu sistem, perlu dilakukan pengujian integrasi untuk memastikan bahwa semua komponen dan modul dapat bekerja bersama-sama dan terhubung dengan efektif. Hal ini meliputi pengujian fungsionalitas, keamanan, dan performa sistem secara keseluruhan.
4. **Debugging dan Pemecahan Masalah:** Pada tahap ini, dilakukan proses debugging dan pemecahan masalah untuk memperbaiki kesalahan atau masalah yang muncul selama proses integrasi. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dan tidak mengalami masalah saat digunakan di lapangan.
5. **Verifikasi dan Validasi:** Setelah proses debugging dan pemecahan masalah selesai dilakukan, perlu dilakukan verifikasi dan validasi untuk memastikan bahwa sistem telah terintegrasi dengan baik dan siap digunakan di lapangan. Hal ini meliputi pengujian akhir terhadap sistem secara keseluruhan dan memastikan bahwa semua fitur dan fungsionalitas yang diinginkan telah terpenuhi.
6. **Dokumentasi:** Pada tahap integrasi, juga perlu dilakukan dokumentasi terhadap semua modul, komponen dan proses integrasi yang telah dilakukan. Dokumentasi ini akan membantu memudahkan proses pemeliharaan dan pengembangan sistem di masa depan.

Dalam kesimpulannya, tahap integrasi merupakan langkah penting dalam siklus pengembangan proyek IoT. Dalam tahap ini, semua komponen dan modul yang telah dikembangkan diuji, diintegrasikan, dan diverifikasi agar dapat bekerja dengan baik bersama-sama. Proses integrasi yang baik akan membantu memastikan bahwa sistem IoT dapat berfungsi dengan baik saat digunakan di lapangan.

Pada tahap ketujuh, yaitu **implementasi**, tahap di mana proyek IoT diimplementasikan di lingkungan produksi dan digunakan oleh pengguna akhir. Tahap ini melibatkan beberapa tugas seperti instalasi, pelatihan pengguna, pengumpulan data, dan penanganan masalah. Implementasi yang sukses adalah kunci kesuksesan proyek IoT. Berikut adalah beberapa poin penting yang perlu dipertimbangkan selama tahap implementasi dalam siklus pengembangan proyek IoT.

1. **Instalasi:** Pada tahap ini, sistem IoT harus diinstal di lokasi di mana akan digunakan. Ini mencakup pemasangan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dan memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik.
2. **Pelatihan Pengguna:** Pada tahap ini, pengguna akhir diberi pelatihan tentang cara menggunakan sistem IoT. Pelatihan ini penting untuk memastikan bahwa pengguna dapat memanfaatkan sistem dengan benar dan memaksimalkan keuntungan dari solusi IoT yang diberikan.
3. **Pengumpulan Data:** Data adalah salah satu elemen kunci dari IoT, dan pada tahap ini, data harus dikumpulkan dan disimpan di tempat yang tepat. Data ini harus diolah dan dianalisis untuk mendapatkan wawasan dan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan sistem IoT.
4. **Penanganan Masalah:** Selama penggunaan sistem IoT, masalah dapat terjadi, seperti kesalahan sistem atau masalah koneksi. Tahap implementasi harus melibatkan rencana pemecahan masalah yang efektif untuk memastikan bahwa masalah dapat ditangani secara efektif dan cepat.

Tahap implementasi adalah tahap penting dalam siklus pengembangan proyek IoT. Proses ini harus dikelola dengan hati-hati dan teliti untuk memastikan bahwa proyek diimplementasikan dengan benar dan dapat memberikan manfaat maksimal kepada pengguna akhir.

Pada tahap kedelapan, yaitu **pemeliharaan dan perbaikan**, perhatian utama adalah menjaga dan meningkatkan kinerja dan fungsionalitas sistem IoT yang telah diimplementasikan. Pemeliharaan dan perbaikan sistem IoT yang tepat dapat membantu menghindari gangguan yang tidak diinginkan, memperpanjang masa pakai perangkat keras dan lunak, dan memastikan bahwa sistem selalu berjalan dengan maksimal. Berikut adalah beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam tahap pemeliharaan dan perbaikan sistem IoT:

1. **Pemantauan kinerja:** Pemantauan kinerja sistem IoT secara teratur sangat penting untuk memastikan bahwa sistem berjalan dengan baik. Pemantauan dapat meliputi pemantauan suhu, kelembaban, kebisingan, dan parameter lainnya yang relevan dengan sistem IoT. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi masalah atau gangguan pada sistem sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius.
2. **Pemeliharaan perangkat keras:** Perangkat keras sistem IoT perlu dirawat secara teratur untuk memperpanjang masa pakai dan mencegah kegagalan yang tidak diinginkan. Pemeliharaan perangkat keras dapat meliputi pembersihan, pelumasan, penggantian komponen yang rusak, dan pemeriksaan visual secara berkala.
3. **Pemeliharaan perangkat lunak:** Seperti halnya perangkat keras, perangkat lunak sistem IoT juga perlu dirawat secara teratur untuk memperpanjang masa pakai dan mencegah kerusakan yang tidak diinginkan. Hal ini dapat meliputi penginstalan patch keamanan, upgrade sistem operasi, penggantian komponen perangkat lunak yang rusak, dan pemeriksaan visual secara berkala.
4. **Manajemen data:** Data yang dikumpulkan oleh sistem IoT perlu dikelola dengan baik untuk memastikan integritas dan

keandalannya. Hal ini dapat meliputi cadangan data secara teratur, penghapusan data yang tidak lagi diperlukan, dan perlindungan data dari ancaman keamanan.

5. **Manajemen energi:** Sistem IoT biasanya beroperasi pada daya baterai atau sumber daya yang terbatas, sehingga manajemen energi sangat penting untuk memastikan kelangsungan operasi sistem. Hal ini dapat meliputi pengaturan sistem manajemen daya, penggunaan teknologi hemat energi, dan pengaturan mode hemat daya saat sistem tidak digunakan.
6. **Evaluasi keamanan:** Keamanan sistem IoT perlu dievaluasi secara berkala untuk memastikan bahwa sistem terlindungi dari ancaman keamanan yang berpotensi. Evaluasi keamanan dapat meliputi pemindaian keamanan, audit sistem, dan evaluasi kerentanan.
7. **Peningkatan fungsionalitas:** Peningkatan fungsionalitas sistem IoT dapat membantu meningkatkan kinerja dan kegunaan sistem. Peningkatan fungsionalitas dapat meliputi pengembangan aplikasi baru, integrasi dengan sistem lain, dan upgrade perangkat keras atau perangkat lunak.

Pada tahap kesembilan, yaitu **disposisi**, melibatkan penghapusan atau penggantian perangkat IoT yang sudah tidak digunakan atau sudah rusak. Disposisi perangkat IoT yang sudah tidak digunakan atau rusak merupakan hal yang penting untuk dilakukan. Hal ini tidak hanya untuk menghindari kerusakan pada lingkungan, namun juga untuk menjaga keamanan data dan informasi yang terdapat pada perangkat tersebut. Proses disposisi dimulai dengan mengidentifikasi perangkat IoT yang sudah tidak digunakan atau rusak. Setelah itu, dilakukan evaluasi terhadap kondisi perangkat tersebut. Apabila perangkat masih dapat diperbaiki, maka dilakukan perbaikan terlebih dahulu sebelum kemudian dioperasikan kembali. Namun, apabila perangkat tidak dapat diperbaiki, maka dilakukan penggantian dengan perangkat baru. Penting untuk memperhatikan keamanan data dan informasi yang terdapat pada perangkat IoT yang akan dibuang atau diganti. Sebelum membuang atau mengganti perangkat, pastikan bahwa semua data dan informasi yang terdapat pada perangkat

tersebut sudah dihapus atau dipindahkan ke perangkat baru. Selain itu, pastikan juga bahwa perangkat yang digunakan untuk menghapus atau memindahkan data tersebut aman dari serangan siber. Selain itu, perlu juga memperhatikan aspek lingkungan dalam proses disposisi perangkat IoT. Pastikan bahwa perangkat yang dibuang atau diganti diolah dengan benar sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk menghindari kerusakan pada lingkungan. Dalam beberapa kasus, perangkat IoT yang sudah tidak digunakan atau rusak dapat didaur ulang atau didonasikan ke pihak yang membutuhkan. Namun, sebelum melakukan donasi atau pengolahan kembali, pastikan bahwa perangkat tersebut aman dan tidak membahayakan penerima atau lingkungan sekitar. Dengan melakukan disposisi yang baik dan benar, akan membantu mengurangi risiko keamanan dan lingkungan yang mungkin timbul akibat perangkat IoT yang sudah tidak digunakan atau rusak. Oleh karena itu, tahap disposisi merupakan tahap yang penting dalam siklus hidup proyek Internet-of-Things.

5.2 Inklusi Keamanan Siber dalam Siklus Pengembangan IoT

Inklusi keamanan siber dalam setiap tahap dalam siklus hidup pengembangan proyek IoT sangat penting untuk memastikan bahwa sistem IoT yang dibangun dari dasar sudah memasukkan unsur keamanan didalamnya. Berikut pertanyaan terkait keamanan siber yang perlu dijawab pada beberapa tahap siklus hidup pengembangan proyek IoT, yaitu:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi persyaratan keamanan? (Tahap Analisis Kebutuhan).
2. Bagaimana cara mendesain sistem keamanan? (Tahap Desain).
3. Langkah apa yang dapat saya ambil untuk memperkuat kode saya terhadap serangan? (Tahap Prototyping/ Pengembangan Sistem).
4. Bagaimana cara menguji keamanan selama pengujian unit dan integrasi? (Tahap Integrasi dan Testing).

5. Bagaimana cara menjaga perangkat lunak saya terlindungi saat kerentanan baru ditemukan? (Tahap Implementasi).
6. Bagaimana cara merencanakan, mengembangkan, dan merilis pembaruan keamanan? (Tahap Pemeliharaan dan Peningkatan).
7. Bagaimana saya memantau bagaimana keamanan dipengaruhi oleh pembaruan di perangkat lunak dan layanan lain? (Tahap Pemeliharaan dan Peningkatan).
8. Bagaimana cara memastikan tidak ada masalah keamanan/privasi yang terjadi saat komponen dihentikan atau dicopot pemasangannya? (Tahap Disposisi)

5.3 Best-Practice Pengembangan IoT

IDC memprediksi bahwa jumlah perangkat IoT yang terpasang di seluruh dunia akan tumbuh dari 14,9 miliar pada akhir tahun 2016 menjadi lebih dari 82 miliar pada tahun 2025. Dalam laju pertumbuhan ini, IoT mungkin akan segera menjadi sama pentingnya seperti internet itu sendiri. Namun, meskipun ada momentum yang kuat, studi baru yang dilakukan oleh Cisco terhadap 1.845 pembuat keputusan IT dan bisnis di Amerika Serikat, Inggris, dan India di berbagai industri - manufaktur, pemerintah lokal, ritel/ perhotelan/ olahraga, energi (utilitas/ minyak & gas/ tambang), transportasi, dan perawatan kesehatan menunjukkan bahwa 60% inisiatif IoT terhenti pada tahap *Proof-of-Concept* (PoC) dan hanya 26% perusahaan yang telah berhasil melakukan inisiatif IoT yang mereka anggap berhasil sepenuhnya. Bahkan sepertiga dari semua proyek yang diselesaikan tidak dianggap berhasil. "Ini bukan karena kurang berusaha," kata Rowan Trollope, Wakil Presiden Senior dan General Manager, IoT dan Aplikasi, Cisco. "Namun, ada banyak hal yang dapat kita lakukan untuk mengeluarkan lebih banyak proyek dari tahap uji coba dan mencapai kesuksesan, dan itulah yang kami hadirkan di London." Cisco merilis temuan ini pada *IoT World Forum* (IoTWF). [1]

Proyek IoT merupakan proyek yang kompleks karena (1) perlunya mempertimbangkan interoperabilitas teknologi yang berbeda dan dari vendor yang berbeda dan dari platform yang berbeda, (2) penerapan solusi yang seringkali memerlukan pendekatan baru untuk

100

desain jaringan, keamanan, dan strategi bisnis, serta (3) paparan peraturan dan standar yang tidak pernah harus dihadapi sebelumnya. Dengan memperhatikan hal-hal tersebut bahkan sebelum organisasi Anda berkomitmen untuk melakukan proyek IoT besar, ada langkah-langkah yang dapat Anda ambil untuk mempersiapkan dan dengan memulai dari yang kecil, Anda dapat meminimalkan risiko dan membantu memastikan penerapan IoT yang sukses.

Ada 3 hal penting untuk mempersiapkan inisiatif proyek IoT, yaitu: (1) Memahami keadaan organisasi saat ini (mengidentifikasi titik sakit/ pain point), (2) Lakukan proyek percontohan dan eksperimen, (3) Mengelola perubahan dan budaya perusahaan. Kemudian beberapa hal berikut perlu diperhatikan untuk memastikan keberhasilan proyek IoT Anda, yaitu:

1. Bekerja dengan para pemangku kepentingan proyek untuk menentukan tujuan bisnis dan mengidentifikasi persyaratan.
2. Bangun keamanan dan privasi ke setiap fase pengembangan.
3. Menggunakan arsitek IoT yang didedikasikan. Perbarui keterampilan dan deskripsi pekerjaan sesuai kebutuhan di seluruh organisasi untuk mendistribusikan tanggung jawab dalam mendukung sistem IoT.
4. Sertakan arsitek IoT, teknologi informasi (TI), teknologi operasional/ otomasi (TO), dan kelompok bisnis saat mengidentifikasi, merencanakan, dan mendokumentasikan arsitektur target organisasi untuk IoT.
5. Menilai secara obyektif infrastruktur warisan organisasi untuk menentukan apakah dapat memenuhi persyaratan yang berbeda secara mendasar dari IoT, dan jika tidak, di mana perlu ditingkatkan atau diganti.
6. Menilai secara obyektif kemampuan organisasi, dan jangan mencoba mengimplementasikan proyek IoT hanya mengandalkan sumber daya internal yang sudah ada dan ahli IT umum.
7. Manfaatkan staf dan sumber daya dari TI, TO, dan kelompok bisnis organisasi saat mengevaluasi mitra, vendor, dan produk IoT yang potensial.

8. Desain seluruh solusi sebagai sebuah sistem terintegrasi.

5.4 Pandangan Etis untuk Pengembangan dan Penerapan IoT

Pengembangan teknologi Internet of Things (IoT) membawa banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Namun, di balik manfaatnya, terdapat beberapa isu etis yang harus diperhatikan dalam pengembangan dan implementasi proyek IoT.

1. Privasi dan keamanan data adalah isu etika yang sangat penting dalam proyek IoT. IoT mengumpulkan banyak data dari pengguna, termasuk data pribadi seperti lokasi, kebiasaan, dan preferensi. Oleh karena itu, perusahaan harus memastikan bahwa data ini aman dan hanya digunakan untuk tujuan yang dimaksudkan.
2. Proyek IoT harus mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan. IoT dapat mempercepat penggunaan sumber daya alam dan meningkatkan limbah elektronik. Oleh karena itu, proyek IoT harus dirancang sedemikian rupa sehingga berkelanjutan dan ramah lingkungan.
3. Masalah ketergantungan teknologi juga harus dipertimbangkan. Proyek IoT sering kali memungkinkan pengguna untuk mengandalkan teknologi dalam kehidupan sehari-hari mereka. Oleh karena itu, perusahaan harus memastikan bahwa teknologi yang digunakan dapat diandalkan dan tidak mengganggu kehidupan manusia.
4. Proyek IoT harus memperhatikan masalah kesetaraan dan inklusi sosial. Teknologi harus dirancang untuk dapat diakses oleh semua orang, tanpa diskriminasi. Perusahaan harus memastikan bahwa proyek IoT tidak menimbulkan ketidaksetaraan dan menambah kesenjangan sosial.
5. Aspek etika dalam pengembangan dan implementasi proyek IoT juga termasuk dalam kebijakan penggunaan data. Pengguna harus diberi tahu bagaimana data mereka akan digunakan dan harus memberikan persetujuan sebelum data digunakan. Selain itu,

perusahaan harus mempertimbangkan hak cipta dan kepemilikan data.

6. Perusahaan harus mempertimbangkan tanggung jawab sosial mereka dalam proyek IoT. Mereka harus memastikan bahwa teknologi mereka tidak digunakan untuk tujuan yang merugikan masyarakat atau mengancam hak asasi manusia.

Dalam kesimpulannya, pertimbangan etis sangat penting dalam pengembangan dan implementasi proyek IoT. Perusahaan harus memperhatikan privasi dan keamanan data, dampak lingkungan, ketergantungan teknologi, kesetaraan dan inklusi sosial, kebijakan penggunaan data, dan tanggung jawab sosial mereka. Dengan memperhatikan isu etis ini, pengembangan dan implementasi proyek IoT dapat memberikan manfaat yang besar bagi masyarakat.

BAB VI

MASA DEPAN INTERNET OF THINGS (IOT)

Masa depan IoT menjanjikan potensi yang luar biasa dalam membentuk dunia yang lebih terhubung cerdas, dan efisien. Dalam beberapa tahun mendatang, IoT akan menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari manusia. Dengan pertumbuhan jumlah perangkat terhubung yang cepat, serta diiringi peningkatan kemampuan jaringan, IoT akan menciptakan ekosistem baru yang lebih luas dan terintegrasi. Perangkat-perangkat pintar akan saling berkomunikasi dan bekerja sama untuk memberikan pengalaman yang lebih personal, efisien, dan inovatif.

Dalam beberapa tahun ke depan diprediksi akan muncul inovasi yang lebih masif, konektivitas yang lebih luas, serta penerapan IoT yang lebih beragam pada berbagai sektor. Hal ini tentu menjadi hal positif bagi perkembangan teknologi yang memungkinkan akan membawa perubahan signifikan dalam cara manusia hidup dan berinteraksi dengan objek di sekitarnya.

6.1 Tren Terkini di Bidang IoT

Pertumbuhan jumlah perangkat terhubung yang besar menjadi salah satu ciri khas dari era digital saat ini. Seperti yang telah terjadi beberapa tahun terakhir, dimana jumlah perangkat terhubung telah mengalami lonjakan yang luar biasa dimulai dari *smartphone*, perangkat rumah pintar, kendaraan otonom, sensor industri, dan banyak lainnya. Ada beberapa faktor yang mendorong pertumbuhan jumlah perangkat terhubung dalam konteks IoT, seperti perkembangan aplikasi teknologi nirkabel, kualitas infrastruktur internet yang semakin baik dan luas, serta masifnya perkembangan teknologi *cloud*

computing sebagai salah satu komponen vital dalam pengembangan infrastruktur IoT.

Cloud Computing sendiri merupakan teknologi yang mampu mengolah berbagai sumber daya komputasi seperti jaringan, server, penyimpanan, aplikasi maupun layanan melalui jaringan internet. Besarnya volume dan tingginya tingkat kerumitan data dalam infrastruktur IoT menyebabkan pengolahan data tidak bisa dilakukan hanya dengan menggunakan komputer biasa dengan kemampuan prosesor yang terbatas. Diperlukan komputer khusus dengan kapabilitas yang luar biasa untuk mengolah data-data tersebut dengan menggunakan *supercomputer* atau *cloud computing*.

6.1.1 Edge Computing

Mengingat banyaknya volume data yang diolah, menimbulkan kendala tersendiri bagi *cloud computing* untuk memproses data-data tersebut. Untuk mengatasi potensi masalah tersebut, maka sistem *Edge Computing* dipercaya mampu untuk menjadi solusi dari masalah yang timbul. *Edge Computing* sendiri merupakan salah satu tren yang sedang berkembang teknologi IoT yang menerapkan pemrosesan dan analisis data pada lokasi yang lebih dekat dengan data tersebut diperoleh. Data tersebut biasanya diperoleh dari perangkat-perangkat elektronik yang terhubung dengan jaringan internet, yang akan menghasilkan data dengan volume yang sangat besar. Beban proses komputasi dalam pengolahan data yang tadinya ditanggung seluruhnya oleh *Cloud Computing*, dapat dibagi dengan *edge computing* sehingga menghasilkan latensi yang lebih rendah, waktu respon lebih cepat, dan sistem analisis data yang lebih komprehensif karena data yang dihasilkan langsung diolah, tanpa harus menunggu ditransfer menuju ke pusat data *Cloud* terlebih dahulu.

Edge computing melibatkan pemrosesan data yang terjadi di tepi jaringan di dekat sumber data diperoleh. Untuk mencapai ini, terdapat beberapa lapisan (*layer*) dalam arsitektur *edge computing* yang dapat diidentifikasi:

1. *IOT Layer*

Lapisan ini terletak paling bawah dalam arsitektur *edge computing*. Pada lapisan ini terdapat berbagai perangkat IoT seperti sensor dan perangkat pintar lainnya yang mengumpulkan data dari lingkungan di sekitar. Perangkat tersebut berperan sebagai penghasil data awal yang akan dikirim ke lapisan berikutnya untuk diproses lebih lanjut.

2. *Edge Layer*

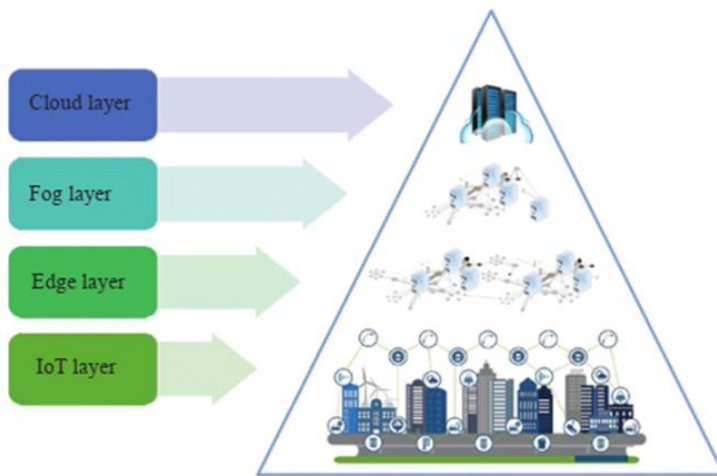
Lapisan ini merupakan lapisan tengah dalam arsitektur *edge computing*. Lapisan ini bertanggungjawab untuk memroses dan menganalisis data secara lokal di tepian atau ujung jaringan. Adanya pemrosesan data di lapisan ini akan membantu mengurangi latensi dan menghasilkan respon waktu yang lebih cepat karena data tidak perlu dikirim jauh ke cloud untuk diolah.

3. *Fog Layer*

Lapisan ini berperan untuk memperluas kemampuan *edge computing* dengan memanfaatkan sumber daya yang ada di antara ujung jaringan dan cloud. Lapisan Fog dapat terdiri dari *server* atau *gateway* yang ditempatkan di lokasi yang lebih strategis, seperti miniatur pusat data. Jenis perangkat pada lapisan ini beragam, meliputi switch, router, dan *access point* yang mampu memfasilitasi perangkat-perangkat di bawahnya dengan alamat protokol yang berbeda-beda.

4. *Cloud Layer*

Pada lapisan ini terdapat infrastruktur *cloud* yang dapat terhubung dengan lapisan edge dan fog di bawahnya. Pada *Cloud Layer* tersimpan data dalam skala yang sangat besar, untuk dianalisis lebih lanjut, dan menyediakan layanan lainnya yang lebih kompleks. Data yang telah diproses di lapisan edge juga dapat dikirimkan ke lapisan ini untuk analisis yang lebih mendalam, pembentukan model AI, penyimpanan untuk jangka panjang, dan keperluan lainnya.



Gambar 6. 1. Arsitektur Edge Computing

Sumber: PRACE, 2020

6.1.2 Kecerdasan Buatan/*Artificial Intelligence* (AI)

Kecerdasan buatan pada dasarnya merupakan salah satu cabang ilmu dari teknik komputer yang terfokus pada kemampuan mesin untuk menghasilkan karakter atau tingkah laku yang rasional seperti layaknya manusia. Tujuan dari AI adalah membuat sistem yang dapat mengerjakan tugas atau perintah yang memerlukan kecerdasan manusia. Konsep ini memiliki makna bahwa kecerdasan manusia dapat diproyeksikan kepada alat atau perangkat tertentu untuk melakukan tugas yang biasa dilakukan oleh manusia. Untuk merealisasikan konsep tersebut AI beradaptasi melalui algoritma pembelajaran progresif yang menerapkan matematika kompleks untuk membiarkan data melakukan pemrograman tanpa perlu campur tangan dari manusia secara terus-menerus.

Potensi luar biasa yang dimiliki oleh AI yang sejalan dengan konsep IoT dapat menjadi kombinasi yang kuat untuk merevolusi beberapa aspek kehidupan. Konvergensi kedua teknologi memungkinkan pengembangan sistem IoT yang cerdas, sehingga dapat

mengolah informasi yang diperoleh dengan lebih efektif dan optimal. Beberapa contoh integrasi antara AI dan IoT meliputi:

1. Pengumpulan dan Analisis Data

Teknologi IoT mampu menghasilkan data dengan jumlah yang sangat besar dari berbagai sensor, perangkat, dan jaringan yang terhubung. Data tersebut kemudian dapat dianalisis dengan teknologi AI berupa *machine learning* maupun *deep learning*, untuk mengidentifikasi pola, mendeteksi anomali, serta membuat prediksi yang memungkinkan proses pengambilan keputusan menjadi lebih cerdas dan akurat dengan mengandalkan informasi dari data yang dikumpulkan.

2. *Predictive Maintenance*

Integrasi AI dan IoT menghasilkan pendekatan yang proaktif dalam perawatan peralatan, baik berupa mesin produksi, kendaraan, maupun peralatan rumah tangga. Dengan menggabungkan data *real time* dari sensor-sensor IoT diharapkan dapat memprediksi potensi kerusakan peralatan atau kebutuhan perawatan alat berdasarkan parameter yang sudah ditentukan. Sebagai contoh pada mesin produksi dipasang sensor suhu untuk mendeteksi temperatur mesin saat dioperasikan. Jika suhu terdeteksi melebihi ambang batas yang ditentukan, maka akan mengaktifkan *blower fan* untuk mendinginkan mesin sementara dan memberi alarm tertentu kepada operator, sehingga tidak dipaksa untuk beroperasi lebih lanjut. Hal ini dapat membantu meminimalkan waktu henti, mengoptimalkan jadwal perawatan, dan mengurangi biaya.

3. Sistem Otomasi Cerdas

Kombinasi AI dan IoT memungkinkan otomatisasi dalam berbagai domain kehidupan. Data yang telah dikumpulkan oleh perangkat IoT kemudian dianalisis lebih lanjut oleh AI untuk memicu aksi atau tindakan tertentu secara otomatis. Sebagai contoh pada rumah pintar, sistem berbasis AI dapat mempelajari preferensi pengguna dan menganalisis data sensor *real time* untuk menyesuaikan suhu, pencahayaan, maupun keamanan berdasarkan kondisi, karakter, dan kebutuhan penghuninya.

4. Kustomisasi *User Experience*

Algoritma AI mampu menganalisis data untuk memahami karakteristik perilaku, preferensi, dan kebutuhan pengguna. Hal ini memungkinkan pengembangan pengalaman pengguna yang disesuaikan dengan karakter penggunaanya. Misalnya dalam perawatan kesehatan, perangkat IoT dapat mengumpulkan data kesehatan pasien, dan algoritma AI dapat memberikan rekomendasi perawatan yang dibutuhkan dengan metode pemantauan jarak jauh.

5. Peningkatan Keamanan dan Privasi Data

AI memiliki peran penting dalam meningkatkan keamanan dan privasi data. Kemampuan AI untuk menganalisis lalu lintas jaringan, identifikasi anomali, dan mendeteksi potensi ancaman siber secara *real time* dapat dimanfaatkan untuk memastikan keamanan privasi data dengan mengenkripsi informasi sensitif yang dikumpulkan oleh perangkat IoT.

6.1.3 Konektivitas 5G

Implementasi jaringan 5G memiliki potensi untuk merevolusi lanskap IoT. 5G menawarkan kecepatan transfer data yang lebih tinggi dengan latensi yang rendah dan kapasitas jaringan yang lebih besar. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk memuluskan konektivitas perangkat IoT yang menghasilkan data dengan jumlah yang besar. Beberapa potensi dari integrasi sistem konektivitas 5G dengan IoT:

1. Kepadatan Perangkat Tinggi

Jaringan 5G memiliki kemampuan untuk mendukung jumlah perangkat terhubung dalam jumlah yang sangat besar dalam area tertentu. Konektivitas 5G diperhitungkan mampu mendukung 1 juta perangkat terhubung dalam area seluas 985 m². Jumlah tersebut jelas sangat jauh jika dibandingkan dengan 4G yang hanya mampu menampung 2.000 perangkat saja dalam luas area yang sama. Hal ini penting dalam aplikasi IoT mengingat banyaknya perangkat seperti sensor, aktuator, dan perangkat pintar lainnya yang terhubung dan beroperasi secara bersamaan.

2. *Network Slicing*

Network slicing merupakan konsep baru yang diperkenalkan dalam teknologi 5G. Konsep ini mampu membagi beberapa sumber daya jaringan menjadi beberapa potongan (*slices*) yang terisolasi dan dapat dioptimalkan untuk mendukung tujuan penggunaan yang berbeda-beda dengan memanfaatkan teknik *Software Defined Network* (SDN) dan *Network Function Virtualization* (NFV). Masing-masing potongan dapat memiliki arsitekturnya, sistem manajemen, dan sistem keamanannya masing-masing. Misalnya sebuah potongan jaringan dioptimalkan khusus untuk mendukung aktivitas IoT industri yang membutuhkan koneksi dengan latensi yang rendah, sementara pada lapisan lainnya dapat digunakan untuk mendukung layanan telekomunikasi yang mengutamakan kecepatan transfer data.

3. Efisiensi Energi

Jaringan 5G dirancang untuk menjadi lebih hemat dalam konsumsi energi. Optimalisasi konsumsi daya dengan *overhead* sinyal yang lebih rendah memungkinkan perangkat IoT yang terhubung dapat beroperasi dalam jangka waktu yang relatif lebih lama tanpa perlu sering mengganti atau mengisi ulang sumber energi seperti baterai atau aki. Jaringan 5G mengkombinasikan teknik manajemen daya cerdas untuk mengoptimalkan konsumsi energi. Hal ini meliputi penyesuaian daya secara dinamis berdasarkan kebutuhan jaringan, beban lalu lintas, dan jangkauan jaringan. Di sisi lain 5G juga memiliki fitur *Massive Machine-Type Communication* (mMTC) yang membuat perangkat terhubung untuk dapat masuk ke mode hemat daya saat sedang tidak aktif mengirim atau menerima data.

6.2 Kemajuan dalam Teknologi IoT

Teknologi IoT telah mengambil peran signifikan dalam merevolusi sektor kehidupan. Perkembangan IoT yang sangat pesat telah membuka jalan untuk infrastruktur sistem yang saling terhubung, sehingga memungkinkan proses pengumpulan, analisa, dan penyebaran informasi secara cepat.

Salah satu kunci dari pesatnya perkembangan IoT adalah bertambahnya konektivitas dan penggunaan perangkat pintar. Jumlah perangkat yang terhubung telah tumbuh secara signifikan, mulai dari *smartphone*, peralatan rumah tangga, mesin-mesin industri, dan sebagainya. Penyebaran ini secara tidak langsung telah menciptakan jaringan perangkat terhubung yang luas, yang menjadi tulang punggung utama dalam aplikasi pemanfaatan IoT. Salah satu contoh nyata adalah berkembangnya jaringan 5G yang memiliki kecepatan tinggi dengan tingkat latensi yang rendah. Hal ini memungkinkan perangkat IoT untuk dapat berkomunikasi secara instan dengan mengirim dan menerima data dengan kecepatan tinggi, sehingga mampu membuka kesempatan bagi pengembangan aplikasi baru yang lebih modern dan kompleks.

Kemajuan dalam IoT juga tak lepas dari meningkatnya skalabilitas dan interoperabilitas antar perangkat. Sebagaimana yang diketahui pada umumnya, skalabilitas merupakan kemampuan sistem dalam mengatur volume *database* dan mampu berkembang untuk mencukupi permintaan yang bertambah. Sedangkan interoperabilitas pada dasarnya merupakan kemampuan sistem untuk berbagi data atau informasi, walaupun dibuat dengan bahasa, *tools*, maupun lingkungan yang berbeda-beda. Hal tersebut menjadi penting karena aplikasi IoT tidak hanya terbatas pada perangkat-perangkat yang terisolasi pada area tertentu saja, namun juga melibatkan integrasi perangkat pada area yang lebih luas dengan infrastruktur yang ada. Standardisasi protokol komunikasi yang terbuka telah mendorong kemungkinan integrasi yang lebih mudah antara berbagai perangkat dan sistem.

Salah satu perangkat yang menjadi kunci dalam aplikasi IoT adalah sensor, yang memiliki fungsi untuk mengumpulkan data atau informasi yang dibutuhkan. Mengingat vitalnya peran dari sensor, membuat teknologi pengembangan sensor mengalami perkembangan yang signifikan pula. Produsen berupaya untuk bisa menciptakan perangkat sensor yang lebih kecil, lebih hemat energi, dan lebih canggih. Sensor-sensor ini dirancang untuk dapat mendeteksi dan mengukur berbagai parameter di lingkungan seperti suhu, kelembaban, cahaya, tekanan, dan sebagainya untuk diproses dan diolah sesuai dengan kebutuhan.

Data-data yang sudah diperoleh melalui sensor selanjutnya perlu diproses dan dianalisis dengan teknik komputasi khusus yang mendukung proses analisis data. Hal tersebut akan menjadi mudah dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (AI) yang mampu mengenali pola, mengambil keputusan otomatis, dan memberikan solusi cerdas melalui algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) yang kompleks. Integrasi AI ke dalam IoT secara tak langsung telah memperluas kemampuan sistem secara keseluruhan untuk dapat memahami, memprediksi, dan menanggapi situasi lingkungan yang kompleks dengan lebih baik.

Ekosistem IoT yang sarat dengan hubungan antar perangkat dalam area jaringan yang sangat luas tidak menutup kemungkinan akan timbulnya ancaman keamanan dan privasi data dari setiap pengguna perangkat. Contoh sederhananya seperti sebuah *smartphone* yang dapat dimanfaatkan untuk mengakses atau mengendalikan perangkat dari jarak jauh dengan memanfaatkan jaringan internet. Hal ini membuka peluang akan adanya akses dari perangkat tidak dikenal menuju *smartphone* kita melalui jaringan internet yang sama. Hal tersebut sudah seharusnya menjadi sebuah perhatian khusus bagi pengembang teknologi IoT agar keamanan dan privasi data pengguna tetap aman. Namun demikian seiring dengan kemajuan yang telah menghasilkan pengembangan protokol dan teknologi keamanan yang semakin kuat untuk melindungi perangkat IoT dan informasi yang dikirimkan. Solusi keamanan seperti metode enkripsi data yang

mengkonversi data menjadi kode unik khusus, autentikasi atau metode konfirmasi pengguna pada sebuah sistem dengan memeriksa kredensial akun yang akan mengakses, serta pengelolaan identitas dalam mengontrol akses pengguna melalui sistem manajemen akses yang telah berkembang, sehingga mampu mengatasi ancaman keamanan yang mungkin muncul dalam lingkungan IoT yang kompleks.

6.3 Tantangan dan Peluang di Masa Depan IoT

Di masa mendatang IoT diprediksi akan dipenuhi dengan berbagai inovasi luar biasa yang mampu merubah cara manusia hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan kehidupan di sekitarnya. Seiring dengan perkembangan teknologi yang tak terbendung dan konektivitas yang meluas, potensi IoT untuk memberi manfaat bagi dunia juga akan semakin tinggi. Beberapa peluang yang mungkin bisa dimanfaatkan dengan pengembangan IoT pada beberapa sektor:

6.3.1 Evolusi Ekonomi dan Bisnis

IoT diprediksi memiliki potensi untuk menciptakan nilai ekonomi yang signifikan. Hal tersebut dapat terjadi dengan adanya peningkatan produktivitas, efisiensi biaya, serta model bisnis baru yang muncul akibat berkembangnya teknologi IoT. Pada tahun 2025, nilai ekonomi yang diciptakan dari pengembangan teknologi IoT diprediksi mencapai 11 Triliun USD.

Salah satu potensi yang dimiliki oleh penggunaan IoT adalah munculnya model bisnis baru. Perusahaan yang pada mulanya menjual produk akan mulai berevolusi menjadi menawarkan jasa yang didukung oleh IoT. Termasuk di dalamnya seperti penetapan harga, model langganan, dan layanan tambahan yang memanfaatkan data dan hasil analisisnya yang berbasis komputasi kompleks dari perangkat pintar terhubung.

6.3.2 Transformasi Industri

Hadirnya IoT memungkinkan konektivitas yang luas antara perangkat fisik dan sistem komputasinya, sehingga mampu membuka peluang dalam kemajuan dalam sektor industri. Seperti dengan analisis

kinerja mesin produksi yang terhubung dengan sensor-sensor IoT untuk mengoptimalkan perawatan preventif dan meningkatkan efisiensi produksi. Selain bagian produksi, sektor industri logistik juga dapat mengoptimalkan sistem rantai pasokan (*supply chain*) dengan memanfaatkan IoT. Data dari sensor terpasang dapat memberikan informasi akurat tentang ketersediaan stok, kondisi pengiriman, serta permintaan aktual di pasar. Hal ini tentu dapat memungkinkan perusahaan untuk mengelola ketersediaan barang dengan lebih efisien, mengurangi biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

6.3.3 Kolaborasi dan Kemitraan

Hadirnya IoT menciptakan ekosistem baru yang membutuhkan kolaborasi dan kemitraan lintas industri. Kemampuan IoT dalam mengintegrasikan banyak hal dalam satu jaringan yang luas akan mempermudah realisasi kolaborasi antar sektor industri. Perusahaan dapat bekerjasama untuk menciptakan solusi dan inovasi baru untuk membangun kerangka kerja berbasis data, dan memastikan keamanan siber.

6.3.4 Kesehatan dan Lingkungan

IoT secara tidak langsung dapat dimanfaatkan untuk memberi kontribusi dalam mengoptimalkan konsumsi sumber daya, mengurangi limbah, serta manajemen energi yang lebih efisien. Inisiasi konsep kota pintar, pertanian presisi, serta bangunan hemat energi dapat memberi dampak positif pada lingkungan maupun ketahanan pangan yang berkelanjutan. Akses layanan vital seperti kesehatan dan pendidikan juga menjadi lebih mudah dengan hadirnya teknologi IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- “Cisco Survey Reveals Close to Three-Fourths of IoT Projects Are Failing.”
<https://newsroom.cisco.com/c/r/newsroom/en/us/a/y2017/m05/cisco-survey-reveals-close-to-three-fourths-of-iot-projects-are-failing.html> (diakses 27 Maret 2023 20.03).
- Budi Harsanto, “Inovasi Internet of Things pada Sektor Pertanian: Pendekatan Analisis *Scientometrics*”, Jurnal Informatika Pertanian, Vol. 29 No. 2, Desember 2020: 111-122
- Winarno Tohir, “Pertanian Presisi, Menuju Pertanian 4.0 Berkesejahteraan”, <http://himapasca.fp.ub.ac.id/pertanian-presisi-menuju-pertanian-4-0-berkesejahteraan/>(diakses 28 Maret 09.15)
- Sri Mulyani, “Pertanian Presisi, Cara Bertani Cerdas di Era Industri 4.0”, <http://cybex.pertanian.go.id/artikel/74731/pertanian-presisi-cara-bertani-cerdas--di-era-industri-40/>(diakses 28 Maret 11.37)
- Dr. drg. Paulus Januar S., MS, “Remote Patient Monitoring dalam Pelayanan Kesehatan”, <https://www.alomedika.com/remote-patient-monitoring-dalam-pelayanan-kesehatan> (diakses 29 Maret 2023, 14.04)
- Lakmini P. Malasinghe, et.al., “Remote Patient Monitoring: a Comprehensive Study”, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, Vol 10, 2019, pp: 57-76 DOI: 10.1007/s12652-017-0598-x
- Hyuktae Kwon, et.al., “Review of Smart Hospital Services in Real Healthcare Environments”, Healthcare Information Research, Vol. 28(1), 3-15, 2022).
- Litbangkes Baturaja, “Aplikasi Telemedicine Berpotensi Merevolusi Pelayanan Kesehatan di Indonesia”, <https://www.balaibaturaja.litbang.kemkes.go.id/read-aplikasi-telemedicine-berpotensi-merevolusi-pelayanan-kesehatan-di-indonesia> (diakses 29 Maret 2023, 14.14)

- Agus Riyanto, "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pelaksanaan Telemedicine (Systematic Review)", Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia, Vol. 9 No. 2, 2021, DOI: 10.33560/jmiki.v9i2.337
- Lembaga Studi dan Advokasi Masyarakat (ELSAM), "Perlu Keseimbangan Perlindungan Privasi dan Kesehatan Publik dalam Penanganan COVID-19: Siaran Pers ELSAM terkait Perlindungan Privasi dalam Penanganan COVID-19 di Indonesia", <https://www.ksi-indonesia.org/en/wawasan/detail/1266-perlu-keseimbangan-perlindungan-privasi-dan-kesehatan-publik-dalam-penanganan-covid-19> (diakses 30 Maret 2023, 10.23)
- Brilian Putra A., et. al., "Pengaturan Kemudi Kendaraan Otonom Four Wheel Steer dan Four Wheel Drive (4WS4WD) Menggunakan Model Predictive Control", Jurnal Teknik ITS, Vol. 10 No. 1, 2021)
- Aldilla R.N. et. al., "Kendaraan Otonom Berbasis Kendali Teaching And Playback dengan Kemampuan Menghindari Halangan", 8th Industrial Research Workshop and National Seminar, 2017, Politeknik Negeri Bandung)
- Ridwan Anas, et. al., "Pengaruh Investasi Infrastruktur Jalan Terhadap Sektor Industri Pengolahan", Jurnal Transportasi, Vol. 17 No. 2, 145-154, 2017
- Bagas Satrio N., "Asian Games 2018, Indonesia Pakai Bus Self-Driving Navya Arma", <https://autonetmagz.com/asian-games-2018-indonesia-pakai-bus-self-driving-navya-arma/71330/> (diakses 6 April 2023, 15.34)
- Martin Djamin, et.al., "Teknologi Smart Grid Untuk Smart City", BPPT Press, 2012
- Bajic, B. et.al. (2019). Edge Computing vs. Cloud Computing: Challenges and Opportunities in Industry 4.0, Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium, pp.0864-0871, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-22-8, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.120
- Ezhilmathi, K., et. al., "*Edge Computing: An Overview of Framework and Applications*", PRACE, 2020

- CFI Team, "Artificial Intelligence (AI): Overview & Types", <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/artificial-intelligence-ai/>, (diakses 24 Mei 2023, 16.01)
- IT Chronicles, "What is Artificial Intelligence", <https://itchronicles.com/what-is-artificial-intelligence/>, (diakses pada 24 Mei 2023, 16.05)
- "5G-Connection Density-Massive IoT and So Much More", <https://www.cio.com/article/230940/5g-connection-density-massive-iot-and-so-much-more.html> (diakses 25 Mei 2023, 16.33)
- "What Is Network Slicing?", <https://www.blueplanet.com/resources/what-is-network-slicing.html> (diakses 25 Mei 2023, 16.27)
- Rachel Caroline, et. al., "Implementasi Dan Analysis Network Slicing Berbasis Software Defined Network", e-Proceeding of Engineering, Vol. 8, No. 6, Desember 2022, pg. 3016-3025
- Jagoan Hosting Team, "Apa itu Enkripsi Data? Begini Manfaat dan Cara Kerjanya", <https://www.jagoanhosting.com/blog/apa-itu-enkripsi-data/>, (diakses 31 Mei 2023 14.51)
- Aorinka Anendya, "Apa itu Autentikasi, Cara Kerja dan Fungsinya bagi Keamanan Data", <https://www.dewaweb.com/blog/pengertian-autentikasi/>, (diakses 31 Mei 2023 14.57)
- Solusi.com, "Implementasi Manajemen Akses untuk Keamanan Data Penting Perusahaan", <https://www.solusi.com/implementasi-manajemen-akses-untuk-keamanan-data-penting-perusahaan/>, (diakses 31 Mei 2023 15.03)
- Dataakra.com, "Apa yang sebenarnya dimaksud dengan revolusi industri 4.0?", <https://dataakra.com/apa-yang-sebenarnya-dimaksud-dengan-revolusi-industri-4-0/>, (diakses 19 Juni 2023 20.08)

Iqbal, "Platform IoT",

<https://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/platform-iot/>,
(diakses 19 Juni 2023 20.08)

Febriantono, "Tantangan Keamanan pada IoT (Internet of Things)",
<https://binus.ac.id/malang/2020/09/tantangan-keamanan-pada-iot-internet-of-things/>, (diakses 10 Juni 2023 11.05)

WikElektronika, <https://wikielektronika.com/>, (diakses 10 Juni 2023 11.05)

JavaTpoint, "IoT Smart Agriculture Domain",
<https://www.javatpoint.com/iot-smart-agriculture-domain>
(diakses 30 Maret 2023 10.43)

Paulus Januar S., "*Remote Patient Monitoring* dalam Pelayanan Kesehatan",
<https://www.alomedika.com/remote-patient-monitoring-dalam-pelayanan-kesehatan> (diakses 29 Maret 2023 12.33)

Dhealth, "Apa Itu *Smart Hospital* dan Kenapa *Smart Hospital*?",
<https://www.dhealth.co.id/post/apa-itu-smart-hospital-dan-kenapa-smart-hospital> (Diakses 31 Mei 2023 12.22)

Widya Ratna Wulan, "TELEMEDICINE, STRATEGI DAN SOLUSI PELAYANAN KESEHATAN DI MASA PANDEMI",
<https://infokes.dinus.ac.id/2020/11/10/telemedicine-strategi-dan-solusi-pelayanan-kesehatan-di-masa-pandemi/> (Diakses 28 Mei 19.03)

Matt Burgess, "*Google reportedly shelves plans for its own self-driving car*",
<https://www.wired.co.uk/article/google-self-driving-car-stop-development> (Diakses 6 Juli 2023 10.49)

Icon+ news, "Aktivitas Lebih Mudah dengan *Smart Home Device*",
<https://iconews.iconpln.co.id/aktivitas-lebih-mudah-dengan-smart-home-device/> (Diakses 6 Juli 2023 10.51)

Koran Sindo, "Revolusi Industri 4.0, Ancaman dan Peluang", <https://nasional.sindonews.com/berita/1439542/16/revolusi-industri-40-ancaman-dan-peluang> (Diakses 6 Juli 2023 10.53)

Quanta Technology, "Microgrid Implementation", <https://quanta-technology.com/investor-owned-utilities/distribution-planning/micro-grid-implementation/> (Diakses 6 Juli 2023 11.00)