

## 1.3 Memahami Perkembangan IoT dan Infrastruktur IoT



Indobot Academy 21 November 2022

### 1. Perkembangan IoT

Mark Weiser pada tahun 1999 mengatakan tren umum dalam teknologi dan memberikan gambaran bahwa perkembangan TI di masa depan tidak akan bergantung pada teknologi tertentu tetapi akan didasarkan pada pertemuan teknologi komputasi, yang pada akhirnya menghasilkan Ubiquitous Computing. Dalam penggambarannya, dunia ubiquitous computing terdiri dari objek nyata yang mampu merasakan, berkomunikasi, menganalisis, dan bertindak sesuai situasi dan kondisi.

Secara umum, miniaturisasi, portabilitas, konektivitas ubiquitous, integrasi berbagai perangkat yang ada, dan ketersediaan ekosistem digital (Cloud) adalah faktor-faktor umum yang memainkan peran penting untuk perkembangan sistem IoT. Tepatnya, lima tahapan tampilan fungsional IoT atau value loop informasi terkait dengan pembuatan data, komunikasi data, agregasi data, dan analisis data dan kelima tahapan tersebut merupakan tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan.

Setiap tahap value loop informasi IoT diberdayakan oleh teknologi tertentu. Misalnya, aksi yang diamati di lingkungan menciptakan data yang diteruskan ke jaringan untuk komunikasi. Data yang dikomunikasikan bersifat heterogen dan diharuskan mengikuti standar sebelum dikumpulkan untuk tujuan analisis yang komprehensif. Mempertimbangkan pandangan fungsional ini, sistem IoT

secara teknologi bergantung pada sensor, jaringan, agregasi standar, kecerdasan buatan, dan perilaku tambahan seperti yang dibahas pada Tabel dibawah ini. Oleh karena itu, dalam hal kemajuan teknologi, lima teknologi berikut menjadi alasan utama perkembangan IoT.

<b>Teknologi</b>	<b>Deskripsi</b>
Teknologi Identifikasi dan Penginderaan	Pengembangan perangkat (sensor) yang mengubah stimulus fisik apa-pun menjadi sinyal elektronik.
Komunikasi dan Jaringan Nirkabel	Perangkat (jaringan) yang mampu mengkomunikasikan sinyal elektronik.
Standardisasi Agregasi	Standar teknis yang memungkinkan pemrosesan data yang efisien dan memungkinkan interoperabilitas kumpulan data teragregasi.
Kecerdasan Buatan	Alat analisis yang meningkatkan kemampuan untuk menggambarkan dan memprediksi hubungan antara data yang didapatkan.
Perilaku	Teknologi dan teknik yang meningkatkan kepatuhan terhadap tindakan yang ditentukan.

Cara kerja sistem IoT berkisar pada paradigma identifikasi, komunikasi, interaksi dari anything serta analisis data yang berasal dari anything. Mengikuti paradigma ini, rincian tentang teknologi ini akan dijelaskan pada sub bagian di bawah.

### **1.1. Teknologi Identifikasi dan Penginderaan**

Saat ini, lingkungan hidup/kerja kita menuntut penggunaan elektronik misalnya komputer, proyektor, kamera, tag, dan sensor/aktuator. Identifikasi cerdas dari sensor/aktuator dan deteksi sinyal fisik adalah dua karakteristik tingkat sistem dasar dari sistem IoT. Identifikasi dalam hal penamaan dan pencocokan smart thing dan layanan di IoT sangat penting, dan sekarang ini

beberapa metode identifikasi digunakan, yaitu Ubiquitous Code [UCode], EPC, Universal Product Code [UPC], Quick Response Code [QR Code] , European Article Number [EAN], dll.

Namun demikian, pengalamatan (IPv4 atau IPv6) objek IoT juga penting untuk merujuk ke alamatnya dalam jaringan komunikasi. Mengenali perbedaan antara identifikasi objek dan alamat objek sangat penting karena metode identifikasi tidak unik secara global. Namun, pengalamatan, dalam kasus ini diperlukan untuk mengidentifikasi objek secara global. Metode identifikasi menawarkan identitas unik objek dalam jaringan, dan pengalamatan IP publik memberikan identitas unik untuk smart things melalui Internet.

Penginderaan di IoT meliputi asal data dari smart things yang saling terkait melalui penggunaan sensor dan aktuator. Sensor pada dasarnya adalah perangkat elektronik yang bertujuan untuk menghasilkan sinyal listrik, optik, dan digital yang didapatkan dari lingkungan fisik yang selanjutnya diubah secara elektronik menjadi informasi yang berguna untuk perangkat cerdas sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia. Aktuator adalah pelengkap teknologi sensor yang bertanggung jawab untuk mengubah sinyal listrik menjadi energi non listrik.

## **1.2. Komunikasi dan Jaringan Nirkabel**

Komunikasi nirkabel dan jaringan nirkabel adalah inti dari Wireless Identification and Sensing Technologies (WIST), yang memainkan peran penting dalam IoT. WIST mengacu pada sensor berbasis RFID dan WSN. Sistem RFID adalah komponen penting dari IoT. RFID adalah singkatan dari Radio Frequency IDentification, dan merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang menggunakan medan elektromagnetik untuk secara otomatis mengidentifikasi tag yang melekat pada objek fisik.

Secara umum dinyatakan bahwa teknologi RFID berakar pada sistem Identification of Friend or Foe (IFF), yang digunakan pada Perang Dunia Kedua. Kode identifikasi digital dasar telah digunakan dalam sistem IFF yang dikirimkan antara interrogator dan responden untuk mengidentifikasi pesawat milik musuh atau sekutu. Mirip dengan teknologi IFF, sistem RFID menggunakan gelombang radio untuk mengidentifikasi objek fisik secara real-time melalui pembacaan tag digital. Pada dasarnya, RFID secara umum terdiri dari tiga komponen berikut dan ditunjukkan pada Gambar dibawah ini:

- Tag RFID (Transponder atau Label Cerdas) yang terdiri dari antena, baterai (opsional), dan chip semikonduktor.
- Interrogator (Pembaca atau perangkat baca/tulis) yang memiliki modul RF, modul kontrol, dan antena.
- Controller (Host atau Workstation) untuk menyimpan informasi yang diperlukan dalam database.



Gambar 1. Blok system RFID

Tag RFID dan interrogator dalam sistem RFID tidak harus saling menempel satu sama lain dan cukup berkomunikasi satu sama lain melalui gelombang radio. Dalam jangkauan transmisi, Interrogator membaca informasi yang diperlukan, yaitu nomor seri, pabrikan, lokasi, riwayat penggunaan, jadwal pemeliharaan, dll yang disimpan pada tag RFID dan mengarahkan informasi ini ke Controller yang pada akhirnya menggunakan informasi ini untuk berbagai tujuan misalnya presensi atau sistem pembayaran.

Tag RFID dapat terdiri dari dua jenis, yaitu Tag Aktif (Tag yang memiliki sumber daya terpasang) dan Tag Pasif (Tag tanpa sumber daya terpasang). Tag RFID Aktif memiliki kemampuan yang lebih besar, yaitu memori yang besar, jangkauan baca yang panjang, kecepatan transmisi data yang tinggi, biaya infrastruktur yang lebih rendah, dll daripada Tag Pasif tetapi lebih kompleks dan mahal. Tag Aktif menggunakan daya baterai dan mampu mengirimkan informasi dalam rentang jarak yang lebih jauh. Di sisi lain, untuk mengirimkan informasi, Tag RFID Pasif dapat memperoleh daya dari sinyal yang diterima oleh Interrogator. Penggunaan RFID mencakup area aplikasi yang cukup luas, yaitu identifikasi objek, pelacakan aset, manufaktur, manajemen rantai pasokan, sistem pembayaran, dan identifikasi lokasi.

Berlawanan dengan perangkat RFID, sensor yang ada pada WSN memiliki kemampuan bekerja sama untuk merasakan besaran fisik dari lingkungan sekitar dan mentransfer hasil pembacaan data tersebut. Hasil pembacaan data penginderaan dikumpulkan untuk disimpan pada database, data warehouse, atau Cloud yang dapat dilanjutkan pada proses analisis guna membuat keputusan yang tepat pada suatu masalah. Database, data warehouse, atau Cloud ini terletak jauh dari tempat pengambilan data dilakukan. Oleh karena itu, informasi yang didapatkan oleh sensor perlu untuk ditransmisikan ke lokasi tersebut untuk agregasi dan analisis. Biasanya, jenis transmisi data di IoT ini melibatkan berbagai jenis komunikasi nirkabel dan teknologi jaringan.

Komunikasi nirkabel pada IoT menekankan cara bagaimana perangkat yang heterogen dapat berkomunikasi satu sama lain secara berkelanjutan. Di sisi lain, jaringan nirkabel melibatkan interkoneksi perangkat untuk transmisi data yang dirasakan secara efisien. Berbagai jenis jaringan terlibat dalam transmisi data dari tempat asal ke tujuan. WSN terdiri dari banyak sensor kecil yang didistribusikan secara ad-hoc tetapi bekerja sama untuk mengukur dan mentransfer fenomena fisik tertentu ke tujuan yang diperlukan (juga dikenal sebagai sink). Mempertimbangkan persyaratan skenario yang berbeda, Infrared (IR), Radio Frekuensi (RF), dan optik (Laser) adalah tiga skema komunikasi populer yang digunakan dalam WSN. Selain itu, WSN mengikuti arsitektur berlapis dan terdiri dari protokol dan algoritma dengan kemampuan self-organizing. Umumnya, teknologi WSN komersial didasarkan pada standar IEEE 802.15.4 yang pada akhirnya memberikan definisi lapisan Physical (PHY) dan MAC untuk komunikasi berdaya rendah.

Saat ini, integrasi teknologi RFID yang memiliki kemampuan penginderaan (proyek Wireless Identification and Sensing Platform [WISP]) memungkinkan jenis aplikasi baru dalam IoT. Perangkat WISP mampu merasakan kuantitas fisik yang berbeda (yaitu suhu, cahaya, tingkat cairan, percepatan, dll) dan mampu memanfaatkan energi melalui sinyal pembaca yang diterima. Teknologi WISP ini memungkinkan pembuatan jaringan sensor RFID yang pada akhirnya tidak memerlukan baterai atau sumber daya.

RFID, sensor, dan sensor RFID terhubung ke Internet melalui perangkat jaringan heterogen, yaitu Bluetooth, Access Point (AP), router Wi-Fi, Gateway, dll. Oleh karena itu, diperlukan alamat IP yang unik untuk semua smart things di Internet. IP bertanggung jawab atas penyediaan pengalaman IP unik melalui Internet. Karena skalabilitas yang lebih besar, IPv6 telah dianggap sebagai salah satu pendukung utama IoT.

Smart things membutuhkan konektivitas yang berkelanjutan dan perlu terhubung ke berbagai jaringan heterogen melalui switch, router, gateway, dll. Oleh karena itu, pemilihan teknologi jaringan yang tepat sangat penting.

Tergantung pada jangkauan dan/atau kecepatan transmisi data, sejumlah teknologi jaringan tersedia, yaitu USB, Ethernet, Bluetooth, ZigBee, Near Field Communication (NFC), Wi-Fi, WiMax, 2G/3G/4G (Long Term Evolution [LTE]), dll. Teknologi ini dapat diklasifikasikan sebagai Wired/Kabel (termasuk USB dan Ethernet) dan Wireless/Nirkabel (termasuk Bluetooth, NFC, Wi-Fi, WiMax, dan 2G/3G/4G [LTE]). Jenis konektivitas dan jenis jaringan teknologi komunikasi ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

<b>Teknologi</b>	<b>Tipe Konektivitas</b>	<b>Tipe Jaringan</b>
USB	Kabel	Personal Area Network
Ethernet	Kabel	Local Area Network
Bluetooth/Bluetooth Low Energy	Nirkabel	Personal Area Network
ZigBee	Nirkabel	Personal Area Network
Near Field Communication (NFC)	Nirkabel	Personal Area Network
Wi-Fi	Nirkabel	Local Area Network
WiMax	Nirkabel	Metropolitan Area Network
2G/3G/4G, LTE/LTE-Adv.	Nirkabel	Wide Area Network

### 1.3. Standarisasi Agregasi

Agregasi mengacu pada pengumpulan data oleh sensor yang kemudian dilakukan proses penanganan data, pemrosesan data, dan penyimpanan data. Agregasi selain memberikan kemudahan penanganan, juga membantu untuk mengekstraksi kesimpulan yang dapat merupakan pengambilan keputusan di masa mendatang. Dalam konteks agregasi data di IoT, Standardisasi adalah salah satu masalah yang penting. Sejauh ini, database relasional dan SQL menjadi pilihan utama untuk store dan query data terstruktur.

Namun, tidak ada standar yang tersedia untuk menangani data tidak terstruktur. IoT menjanjikan skalabilitas miliaran perangkat yang pada akhirnya menuntut standar umum untuk berkomunikasi dan mengumpulkan data yang bersifat heterogen. Standar Internet yang ada telah dikembangkan tanpa mempertimbangkan visi IoT. Sejalan dengan itu, sistem IoT telah dikembangkan menggunakan protokol proprietary yang pada akhirnya membuat komunikasi menjadi bermasalah di antara perangkat IoT.

Standardisasi tidak dapat dihindari dalam IoT karena merupakan hal yang sangat penting untuk menjamin interoperabilitas, skalabilitas, semantik data, keamanan, dan privasi. Beberapa standar harus diikuti untuk mewujudkan agregasi data di IoT. Namun, Standar Teknologi dan Standar Regulasi adalah dua kategori standar yang luas, yang terkait dengan proses agregasi. Standar teknologi termasuk protokol jaringan (aturan yang berhubungan dengan identifikasi dan konektivitas antar perangkat), protokol komunikasi (aturan dengan ketentuan bahasa yang sama untuk komunikasi perangkat), dan protokol agregasi data (aturan yang membantu agregasi dan pemrosesan data). Sampai saat ini, tidak ada badan standardisasi tunggal atau universal untuk membuat standar teknologi IoT. Namun, terdapat beberapa organisasi standardisasi yang aktif di tingkat yang berbeda, yaitu tingkat internasional, regional, dan nasional yang ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

Organisasi	Tingkat
NoSQL	Tingkat Internasional

MapReduce and Hadoop Distributed File System (HDFS)	Tingkat Internasional
Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE)	Tingkat Internasional
Internet Engineering Task Force (IETF)	Tingkat Internasional
International Telecommunication Unit (ITU-T)	Tingkat Internasional
One M2M	Tingkat Internasional
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)	Tingkat Regional
Korean Agency for Technology and Standards (KATS)	Tingkat Nasional
Telecommunication Standards Development Society, India	Tingkat Nasional
Global ICT Standardization Forum for India (GISFI)	Tingkat Nasional
Bureau of Indian Standards (BIS)	Tingkat Nasional
Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo)	Tingkat Nasional

Di sisi lain, standar terkait peraturan menjadi penting dalam evolusi IoT karena IoT mengoleksi data sehingga yang berhubungan dengan kepemilikan data, penggunaan data, serta penjualan data harus diatur. Membayangkan skala aplikasi IoT yang muncul, Komisi Perdagangan Federal AS menetapkan rekomendasi yang disebut Prinsip Praktik Informasi yang Adil (Fair Information Practice Principles/FIPPs), yang harus dipertimbangkan. Misalnya, aturan di FIPP menyatakan bahwa:



- Sebelum pengumpulan data, pengguna yang bersangkutan harus diberi tahu dan diberikan pilihan untuk memilih tentang penggunaan informasi pribadi mereka.
- Setelah penggunaan informasi yang diperlukan, data harus dihapus.
- Organisasi harus memperhatikan keamanan dan privasi data yang dikumpulkan.

#### **1.4. Kecerdasan Buatan**

Kebutuhan untuk analisis data yang dikumpulkan menuntut kemajuan teknologi kognitif. Peningkatan kecerdasan memungkinkan otomatisasi sistem untuk melakukan tindakan deskriptif (representasi data yang dapat diterima untuk mengenali wawasan), prediktif (untuk meramalkan konsekuensi masa depan), dan analisis preskriptif (terkait dengan optimasi). SAS Visual dan Tableau adalah contoh alat yang membantu dalam analisis data (besar) melalui visualisasi yang merupakan aspek analisis bisnis yang tidak dapat dihindari.

Analisis prediktif melakukan analisis pada data historis untuk menemukan tren masa depan melalui penggunaan pendekatan machine learning dengan menghindari instruksi pemrograman eksplisit. Hadoop, Spark, Neo4j beberapa adalah tool yang dapat digunakan untuk mendukung analisis prediktif pada big data. Namun, teknologi ini perlu selalu dikembangkan karena dalam banyak aplikasi praktis, sangat sulit untuk meramalkan tren masa depan jika ada korelasi yang kuat antara entitas. Teknik analisis preskriptif meningkatkan akurasi yang ditentukan dalam optimasi pengambilan keputusan. Computer vision, natural language processing, dan speech recognition adalah beberapa contoh teknologi kognitif yang memainkan peran penting dalam analisis prediktif dan preskriptif.

Teknik computer vision sebagian besar digunakan untuk memproses gambar untuk berbagai jenis diagnosis dan prediksi penyakit medis. Natural language processing dan teknik speech recognition lebih disukai untuk melakukan analisis terkait dengan ekspresi dan transkripsi kata dalam teks dan aksen dalam ucapan. Aplikasi termasuk sistem komputer kontrol suara, deteksi email spam, dikte medis, dll. Ketersediaan big data yang dihasilkan melalui perangkat IoT, tuntutan crowdsourcing yang tinggi, kemajuan dalam alat analisis dan pemrosesan data adalah faktor pendorong utama untuk peningkatan kecerdasan buatan.

## 1.5. Perilaku

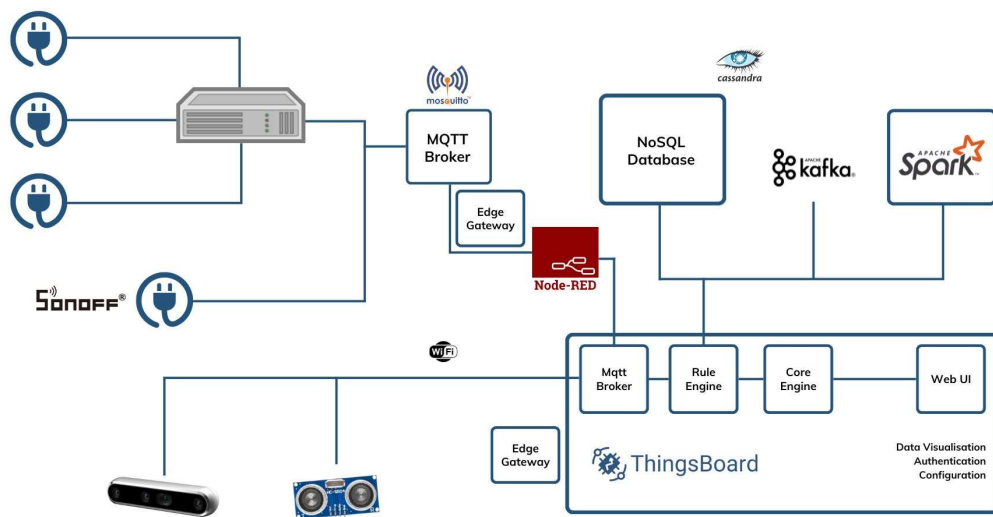
Peningkatan perilaku melibatkan tindakan yang diperlukan untuk dilakukan dalam mempertimbangkan semua fase value loop informasi, yaitu dari penginderaan hingga analisis data. Mengikuti perubahan perilaku orang dan proses organisasi, peningkatan perilaku mendukung manifestasi tindakan sugestif dengan penggunaan teknologi canggih (M2M dan Machine to Human [M2H]). Pada fase loop informasi ini, perhatian IoT ditransfer dari ilmu data ke ilmu perilaku. Kemajuan dalam M2M dan M2H adalah kekuatan pendorong utama yang mendukung kemampuan kognitif dan aktuasi mesin untuk memahami lingkungan dan bertindak secara logis.

## 2. Infrastruktur IoT

Sebuah teknologi IoT pasti memiliki infrastruktur IoT dimana infrastruktur ini disesuaikan dengan kebutuhan atau kasus tersebut.

### 2.1. Infrastruktur IoT di Industri

Teknologi IoT dapat diaplikasikan ke berbagai industri. Selain berfungsi untuk meningkatkan efisiensi operasional suatu perusahaan, IoT memberi kemudahan menjalankan bisnis dengan otomasi, manajemen aset bisnis, kontrol biaya, dan masih banyak lagi. Berikut contoh implementasi arsitektur IoT dengan menggunakan Platform Open Source.



Gambar 2. Infrastruktur IoT di Industri dengan Open Source Platform

- **Edge Tier**

Level/layer ini bertugas untuk melakukan pengambilan dan pengiriman data ke server IoT. Pada level ini terbagi menjadi 2 yaitu Smart Things dan Gateway/Networks.

- Smart Things: Intel Deep Camera, Enviromental Sensor by Arduino, Sonoff Home Automation, dan Meazon Energy Management.
- Gateway/Networks: WiFi, ZigBee Network, Proximity Network.

- **Platform Tier**

Platform tier dalam arsitektur lain juga disebut sebagai middleware. Platform ini bertugas menyimpan, menyederhanakan, dan mengolah data.

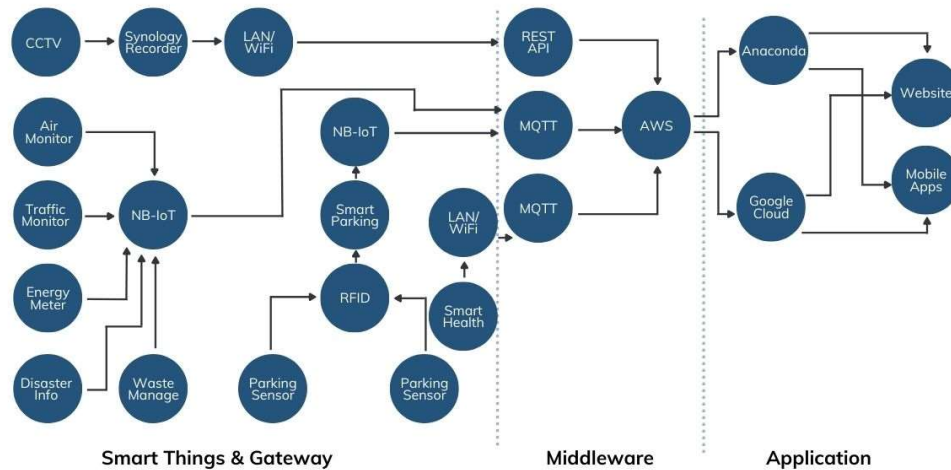
- MQTT digunakan sebagai broker/server layanan IoT.
- Node-Red digunakan sebagai penghubung berbagai platform.
- Thingsboard digunakan sebagai pengatur rules dan penghubung dengan MQTT broker.
- Cassandra digunakan sebagai penyimpan data/basis data. Apache Kafka digunakan untuk integrasi dalam berbagai data.

- **Enterprise Tier**

Enterprise Tier dalam arsitektur lain juga disebut sebagai application layer. Platform ini bertugas melakukan analisis dan menampilkan data yang diperoleh dari layer sebelumnya. Apache Spark digunakan untuk menganalisis berbagai data seperti data engineering, data science, dan machine learning Web UI (User Interface), digunakan sebagai penampil data hasil analisis agar dapat dimanfaatkan oleh pengguna. Web UI harus dapat melakukan visualisasi data, autentikasi pengguna, dan konfigurasi pada sistem.

## **2.2. Infrastruktur IoT di Smart City**

Penerapan kota pintar membuat pemerintah lebih mudah terhubung dengan masyarakat memantau infrastruktur, fasilitas kota dan peristiwa yang terjadi di wilayahnya secara real time. Berikut contoh implementasi arsitektur IoT pada Smart City dengan menggunakan berbagai platform:



Gambar 3. Arsitektur IoT pada Smart City

### o **Smart Things**

Pada layer ini digunakan berbagai perangkat pintar untuk mendeteksi keadaan sekitar dan kemudian dikirimkan ke gateway yang sesuai dengan karakteristik smart things tersebut.

- Smart things: CCTV, Air Monitor, Traffic Monitor, Energy Meter, Disaster Information, Waste Management.

### o **Gateway**

Gateway merupakan media yang digunakan untuk meneruskan data yang diperoleh dari smart things. Pemilihan jenis gateway berdasarkan jarak, besar data, dan kontinuitas oleh smart devices.

- Gateway: NB-LoT, WiFi, RFID.
  - NB-LoT : Merupakan jaringan LPWA (Low Power Wide Area) yang memiliki jangkauan luas namun dengan daya rendah dan dikhususkan untuk penerapan IoT.
  - WiFi : Merupakan jaringan dengan area terbatas dengan frekuensi 2,4 GHz atau 5 Ghz yang memungkinkan pengiriman data antar perangkat.
  - RFID (Radio Frequency Identification) : Merupakan metode identifikasi yang dilakukan dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik sehingga memungkinkan pertukaran data jarak sangat dekat (kurang dari 50 cm).

- **Middleware**

Pada layer ini digunakan berbagai platform yang bertugas untuk mengumpulkan, mengolah, menyamakan format data agar dapat diolah ke layer selanjutnya.

- MQTT digunakan sebagai protokol pengiriman data.
- REST API digunakan untuk menyamakan format data yang diterima.
- AWS (Amazon Web Services) adalah sebuah platform yang multi-guna dan dapat digunakan sebagai server IoT.

- **Application**

Pada layer ini digunakan berbagai platform yang bertugas untuk mengumpulkan, mengolah, menyamakan format data agar dapat diolah ke layer selanjutnya.

- MQTT digunakan sebagai protokol pengiriman data
- REST API digunakan untuk menyamakan format data yang diterima
- AWS (Amazon Web Services) adalah sebuah platform yang multi-guna dan dapat digunakan sebagai server IoT

Sumber:

Materi Kolaborasi Program KMMI UNY dengan Indobot Academy tahun 2021.

Materi Kolaborasi Digitalent Scholarship Kominfo dengan Indobot Academy tahun 2022.