

Internet of Things (IoT)

Pertemuan 2 : Anatomi Perangkat Keras IoT

Alauddin Maulana Hirzan

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Universitas Semarang

Smart Things

Dalam IoT, Smart Thing (Objek Pintar) adalah objek fisik yang dilengkapi dengan perangkat elektronik tersemat (seperti tag, sensor, aktuator) yang memiliki kemampuan komputasi dan komunikasi.

Objek fisik yang awalnya "bisu" (non-smart) diubah menjadi bagian dari sistem cerdas yang dapat bertukar data melalui internet atau jaringan lokal.



Elemen Elektronik Utama

► Tag & Sensor

- Memberikan identitas digital (RFID, Barcode) dan kemampuan mengindra perubahan lingkungan sekitar menjadi sinyal listrik.

► Aktuator

- Menerima perintah dari sistem dan melakukan tindakan fisik terhadap objek atau lingkungan (misal: memutar motor, membuka katup).

► Komunikator

- Modul yang memungkinkan pertukaran data dua arah dengan Gateway, Cloud, atau perangkat lain (contoh: Wi-Fi, Zigbee, LoRa).

Perangkat Keras = Kunci IoT

"Perangkat keras adalah fondasi tak terlihat yang menerjemahkan dunia analog kita ke dalam realitas digital IoT yang tak terbatas."

Karakteristik Inti

1. Identifikasi Digital

- ▶ Setiap objek harus dapat diidentifikasi secara unik di dalam jaringan (misal dengan alamat IP, UUID, atau RFID) untuk mencegah redudansi data.

2. Penginderaan (Sensing)

- ▶ Kemampuan untuk merasakan fenomena fisik di sekitarnya. Tanpa kemampuan ini, perangkat tidak dapat menghasilkan data mentah.

3. Komunikasi

- ▶ Kapasitas untuk mengirimkan hasil penginderaan dan menerima perintah kontrol melalui protokol jaringan.

4. Efisiensi Energi

- ▶ Perangkat pintar sering beroperasi menggunakan baterai, sehingga memerlukan desain mikrokontroler dengan konsumsi daya super rendah.

Komponen Utama *Smart Things*

1. **Sensing Elements**: Perangkat keras penginderaan langsung (suhu, cahaya, getaran).
2. **ADC (Analog to Digital Converter)**: Rangkaian krusial yang menerjemahkan tegangan menjadi bit digital.
3. **Processing Unit**: Otak dari perangkat (biasanya Mikrokontroler) yang mengatur logika.
4. **Power Unit**: Sumber daya (baterai, solar cell) untuk menjamin kontinuitas.
5. **Transceiver**: Perangkat radio untuk komunikasi nirkabel (TX/RX).

Definisi Sensor dan Transducer

Perbedaan Konseptual

Dalam sistem pengukuran dan IoT, istilah sensor dan transduser sering digunakan bergantian, namun memiliki perbedaan mendasar:

- ▶ **Sensor:** Elemen yang mendeteksi perubahan besaran fisis (suhu, tekanan, cahaya) dan meresponsnya dengan sinyal yang dapat diukur.
- ▶ **Transduser:** Perangkat lengkap yang mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lain (misal: energi mekanik menjadi energi listrik).
- ▶ **Aktuator:** Elemen pelengkap yang melakukan aksi kebalikan dari sensor (mengubah sinyal listrik menjadi gerakan fisis).

Apa yang Diukur oleh Sensor

- ▶ **Termal**: Suhu, panas spesifik (Termokopel, Thermistor).
- ▶ **Mekanik/Fisik**: Tekanan, kelembaban, gaya, aliran, massa, perpindahan.
- ▶ **Elektromagnetik**: Tegangan, arus, medan magnet (Hall effect).
- ▶ **Optik/Cahaya**: Intensitas cahaya, inframerah, UV (LDR, Photodiode).
- ▶ **Kimia**: Gas, konsentrasi pH, partikel terlarut.

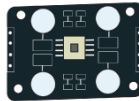
Metode Klasifikasi Sensor

- ▶ **Sumber Daya**
 - ▶ Diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan sumber tegangan eksternal: Aktif vs Pasif.
- ▶ **Output Sinyal**
 - ▶ Diklasifikasikan berdasarkan jenis keluaran data yang dihasilkan: Analog vs Digital.
- ▶ **Kompleksitas**
 - ▶ Diklasifikasikan berdasarkan jumlah konversi di dalamnya: Sederhana vs Kompleks.

Ilustrasi



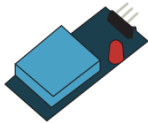
Metal Sensor



Color Sensor



Light Sensor



Humidity Sensor

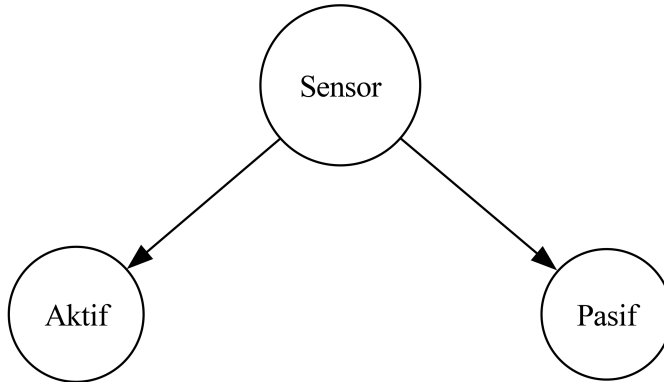


Temperature Sensor



Proximity Sensor

Jenis Sensor



Jenis Sensor Menurut Cara Kerja

Sensor Aktif

Untuk bisa membaca data dari lingkungan sekitar, sensor aktif harus melakukan sesuatu (contoh: menembakkan laser, gelombang suara)

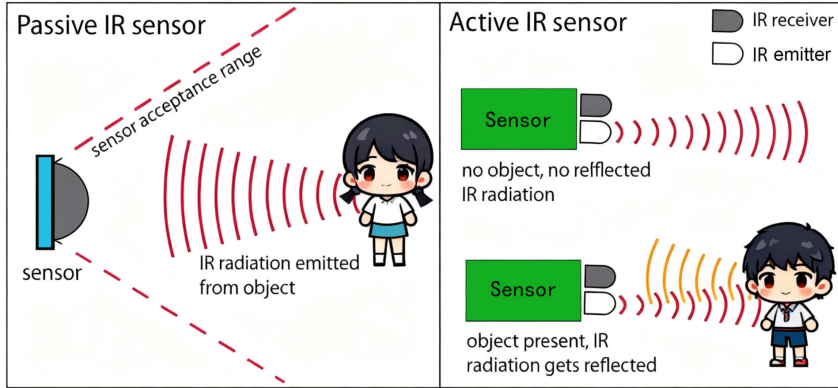
- ▶ LDR
- ▶ Ultrasonik HC-SR

Sensor Pasif

Sensor secara pasif (tidak melakukan apa-apa) untuk menerima data

- ▶ Thermocouple
- ▶ Piezzoeletric

Ilustrasi



Jenis Sensor Menurut Sinyal

Analog

Menghasilkan sinyal keluaran berupa kontinu terhadap waktu. Besaran voltase atau arus berbanding lurus dengan parameter fisik yang diukur.

- ▶ Nilai bervariasi secara mendalam (misal 0V hingga 5V).
- ▶ Rentan terhadap gangguan derau (noise).
- ▶ Membutuhkan ADC pada mikrokontroler.
- ▶ Contoh: Potensiometer, LM35, Sensor Garis Analog.

Jenis Sensor Menurut Sinyal

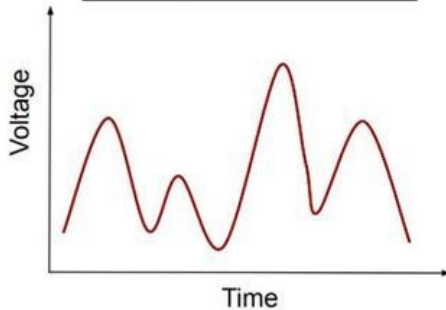
Digital

Menghasilkan sinyal keluaran berbentuk diskret (data biner 0 dan 1) atau protokol komunikasi digital (I2C, SPI, OneWire).

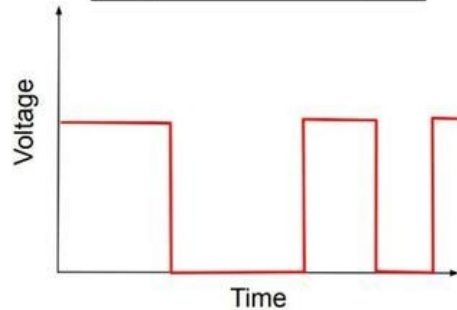
- ▶ Sinyal tegas: HIGH/LOW atau paket data bit.
- ▶ Tahan terhadap derau dan degradasi sinyal.
- ▶ Dapat langsung dihubungkan ke GPIO digital.
- ▶ Contoh: DHT11/DHT22, BME280, Sensor PIR.

Ilustrasi

Analog Sensor Output



Digital Sensor Output



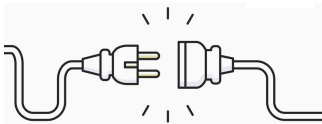
Ciri Khas Sensor Analog

0-5V

Fitur Utama Sensor Analog

- ▶ Sensitivitas Kontinu: Mampu mendeteksi perubahan sekecil apa pun pada fenomena fisik target.
- ▶ Rentan Noise Elektromagnetik: Panjang kabel yang melampaui batas dapat menurunkan akurasi pembacaan tegangan.
- ▶ Penyesuaian Rentang: Sinyal sering kali berada pada orde milivolt (mV) sehingga memerlukan modul pengkondisi sinyal (penguat op-amp).

Ciri Khas Sensor Digital



- ▶ Pembeda Utama: Mengintegrasikan sensor analog sederhana dengan Analog-to-Digital Converter (ADC) serta mikrokontroler internal pada satu chip modul.
- ▶ Komunikasi Serial: Menggunakan protokol standar industri seperti I2C (SDA/SCL), SPI (MISO/MOSI/CLK), atau 1-Wire untuk mengirimkan data terkonversi.
- ▶ Ketahanan Sinyal: Data dikirimkan dalam bentuk kode biner terenkripsi/terkompresi sehingga tidak mudah terdistorsi oleh fluktuasi kabel.

Anatomi Modul Sensor

- ▶ **Sensing Element (Elemen Pengindera)**: Material sensitif yang bereaksi terhadap perubahan fisik (misal: NTC thermistor).
- ▶ **Signal Conditioning (Pengkondisi Sinyal)**: Op-Amp (Operational Amplifier) untuk memperkuat sinyal mikro agar bisa terbaca.
- ▶ **ADC (Analog to Digital Converter)**: Pada sensor digital, ADC sudah tertanam di dalam modul.
- ▶ **Komponen Pendukung**: Resistor pull-up/pull-down dan kapasitor filter penyaring noise listrik.

Sensor Harus Kalibrasi

"Sebuah sensor tanpa kalibrasi hanyalah perangkat pembuat angka acak."

Kalibrasi adalah proses krusial untuk mencocokkan keluaran sensor mentah dengan unit standar (misal: Celcius, Persentase Air, PPM) melalui persamaan regresi.

Rumus Dasar ADC

Bagaimana nilai tegangan analog 0-5V dibaca oleh Arduino (ADC 10-bit)?

$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 2^n - 1$$

Dimana n = resolusi bit (10 bit = 1023 max value).

3 Sensor Populer



DHT22

- ▶ DHT22 (juga dikenal sebagai AM2302) adalah sensor suhu dan kelembaban udara berbasis digital yang sangat umum digunakan dalam proyek **smart home** dan agrikultur.
- ▶ Sensor ini jauh lebih presisi dibandingkan pendahulunya, DHT11.

Karakteristik DHT22

Suhu	Kelembaban (RH)	Operasional
Range: -40°C hingga 80°C	Range: 0% hingga 100% RH	Tegangan: 3.3V - 5V
Akurasi: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	Akurasi: $\pm 2\%$ hingga 5% RH	Sinyal: Digital (One-wire)

Cara Kerja DHT22

Elemen Pengindera	Proses Digitalisasi
Termistor (NTC): Mengukur suhu	IC mikroprosesor kecil 8-bit
Sensor Kapasitif: Mengukur kelembaban	mengubah pembacaan analog dari termistor dan kapasitor menjadi digital (40-bit packet)

Paket Data Digital DHT22 (40-bit)

- ▶ DHT22 mengirimkan data dalam bentuk serial melalui satu kabel data. Paket 40-bit ini terdiri dari:
 - ▶ 8 bit pertama: Kelembaban bagian bilangan bulat (Integral RH)
 - ▶ 8 bit kedua: Kelembaban bagian desimal (Decimal RH)
 - ▶ 8 bit ketiga: Suhu bagian bilangan bulat (Integral Temp)
 - ▶ 8 bit keempat: Suhu bagian desimal (Decimal Temp)
 - ▶ 8 bit terakhir: Checksum (Verifikasi integritas data untuk mencegah error transmisi).

3 Sensor Populer

MQ135

- ▶ MQ135 adalah sensor kualitas udara (Air Quality Sensor) yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas berbahaya di atmosfer.
- ▶ Sangat ideal untuk proyek pemantauan kualitas udara kota (**smart city**) atau peringatan dini polusi dalam ruangan.



Gas Terdeteksi

- ▶ **Zat Berbahaya**
 - ▶ Mendeteksi Ammonia (NH_3), Nitrogen Oksida (NO_x), Benzena, dan Asap (Smoke).
- ▶ **Senyawa Umum**
 - ▶ Juga sensitif terhadap Karbon Dioksida (CO_2) dan Alkohol, sering digunakan untuk membuat indeks kualitas udara (AQI).

Prinsip Kerja MQ135

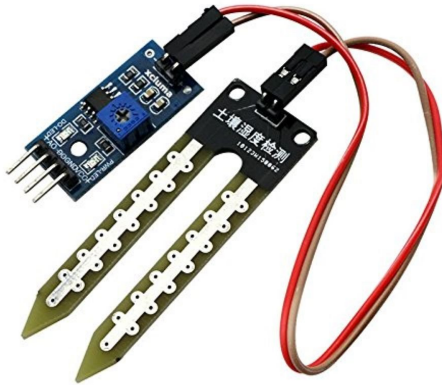
(Tin Dioxide)

- ▶ **Pemanasan (Heater):** Modul ini memiliki koil pemanas kecil di dalamnya. Sensor harus dipanaskan terlebih dahulu (pre-heat) agar lapisan semikonduktor reaktif.
- ▶ **Lapisan SnO₂:** Material sensor utamanya adalah Timah Dioksida (SnO₂) yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih
- ▶ **Reaksi Kimia:** Saat gas target beracun mendekat, gas tersebut bereaksi dengan lapisan SnO₂. Reaksi ini meningkatkan konduktivitas (menurunkan resistansi) sensor.
- ▶ **Sinyal Analog:** Penurunan resistansi ini diterjemahkan menjadi kenaikan tegangan analog yang dibaca oleh mikrokontroler.

Pemanasan Sensor

"Perhatian: Sensor gas seri MQ memerlukan waktu 'burn-in' atau pre-heating hingga 24-48 jam pada penggunaan pertama agar pembacaan zat kimianya stabil."

3 Sensor Populer



Soil Moisture Sensor

- ▶ Sensor Kelembaban Tanah digunakan untuk mengukur kandungan volumetrik air di dalam tanah.
- ▶ Merupakan tulang punggung dari aplikasi **Smart Agriculture** dan **Automated Irrigation System**.

Cara Kerja

- ▶ Sensor ini umumnya memiliki dua kaki (probe) yang ditancapkan ke dalam tanah.
- ▶ Probe berfungsi mengalirkan arus listrik kecil melalui medium tanah. Resistivitas tanah diukur oleh modul komparator yang terpasang (biasanya IC LM393).
 - ▶ **Tanah Basah:** Air adalah konduktor. Konduktivitas naik, resistansi turun.
 - ▶ **Tanah Kering:** Tanah kering menghambat arus listrik. Resistansi naik secara drastis.

Keluaran Modul LM393 (Soil Sensor)

- ▶ **Pin Analog (A0)**
 - ▶ Mengeluarkan tegangan kontinu (0-5V) yang merepresentasikan kelembaban tanah secara presisi. Cocok untuk logika persentase di Arduino.
- ▶ **Pin Digital (D0)**
 - ▶ Mengeluarkan nilai HIGH/LOW berdasarkan batas ambang (threshold) yang disetel melalui trimpot/potensiometer biru pada modul.

Aktuator Elektrik

▶ Relay & Smart Switch

- ▶ Menggunakan elektromagnet kecil untuk memutus/menyambung sirkuit tegangan tinggi (seperti AC 220V) melalui perintah 5V dari mikrokontroler. Sering dipakai mematikan lampu atau pompa air.

▶ Motor Servo

- ▶ Motor yang dilengkapi umpan balik posisi, memungkinkan poros diputar ke sudut presisi (misal: 90 derajat) untuk membuka kunci pintu pintar atau katup (valve).

Hidrolik /Pneumatik

▶ Hidrolik (Fluida Cair)

- ▶ Unggul dalam aplikasi yang membutuhkan tenaga dorong ekstrim (seperti pengereman, alat berat konstruksi). Kecepatan menengah, namun daya cengkram tak tertandingi.

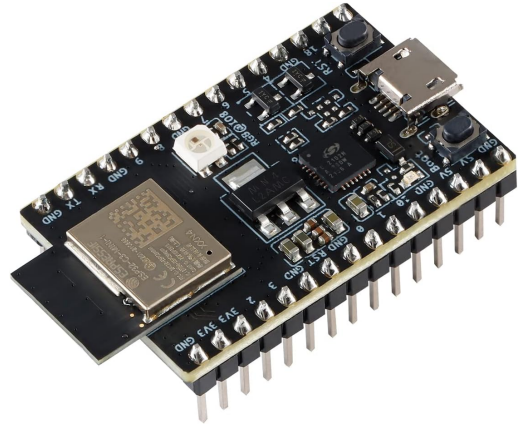
▶ Pneumatik (Udara Bertekanan)

- ▶ Sangat ideal untuk tugas yang berulang-ulang, ringan, dengan kecepatan tinggi (seperti lengan robot pemilah barang di lini produksi). Berisik akibat kompresor udara.

Otak IoT

Micro Controller Unit (MCU)

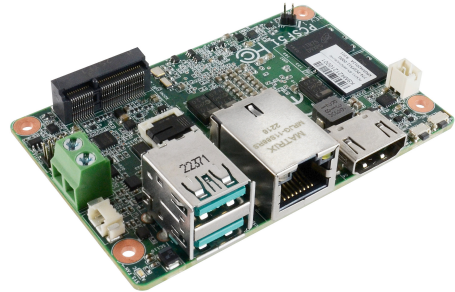
- ▶ MCU (Microcontroller Unit) adalah sistem komputer mandiri berskala kecil yang terintegrasi pada sebuah sirkuit tunggal (IC).
- ▶ Memiliki CPU sederhana, memori kecil, dan pin I/O langsung. Mereka dirancang untuk menjalankan "satu program khusus" secara terus menerus.



Otak IoT

Single Board Computer

- ▶ SBC adalah komputer berfitur lengkap, termasuk prosesor kuat, RAM GB, dan port display/USB, yang dibangun di atas satu papan sirkuit tunggal.
- ▶ Mampu menjalankan sistem operasi desktop penuh seperti Linux.



Karakteristik SBC

- ▶ **Full OS**: Berjalan di atas Linux (Raspbian, Ubuntu). Memiliki file system, multitasking, dan antarmuka jaringan penuh.
- ▶ **Heavy Processing**: Ideal untuk IoT tingkat lanjut seperti Edge AI, pengenalan citra kamera, dan IoT Gateway pengumpul data.
- ▶ **High Power**: Membutuhkan suplai daya yang besar (misal 5V 3A terus menerus) dan mudah panas. Tidak cocok untuk node bertenaga baterai kecil.

Sinergi

- ▶ **MCU (Edge Nodes):** Ratusan MCU disebar ke lapangan untuk membaca sensor DHT22/MQ135 secara irit daya, mengirim data via Bluetooth/LoRa.
- ▶ **SBC (IoT Gateway):** Satu buah Raspberry Pi menerima data dari semua MCU, memprosesnya lokal, lalu mengunggah **summary** ke Cloud via 4G/WiFi.

Lastly

Gerima Kasih