



Konsep Dasar Instrumentasi, Wireless Sensor Network & IoT

Rifki Muhendra

KONSEP DASAR INSTRUMENTASI, WIRELESS SENSOR NETWORK DAN INTERNET OF THINGS (IOT)

BUKU AJAR

Rifki Muhendra



Penerbit : PT Dewangga Energi Internasional
Anggota IKAPI (403/JBA/2021)
Komp. Purigading Ruko I No. 39
Pondokmelati Kota Bekasi
Tlp. 0851-6138-9537
www.dewanggapublishing.com



**KONSEP DASAR SISTEM
INSTRUMENTASI, WIRELESS SENSOR
NETWORK DAN INTERNET OF
THINGS (IoT)**

Buku Ajar

Penulis:

Rifki Muhendra

Penerbit: PT Dewangga Energi Internasional

**KONSEP DASAR SISTEM INSTRUMENTASI, WIRELESS SENSOR NETWORK
DAN INTERNET OF THINGS (IoT)
Buku Ajar**

Copyright @ PT Dewangga Energi Internasional & Penulis, 2023

Penulis:
Rifki Muhendra

ISBN: 978-623-8274-67-3

Editor :
Aly Rasyid

Desain Cover & Tata Letak:
DewanggaPublishing

Proofreader :
Aly Rasyid

Penerbit:
PT Dewangga Energi Internasional
Anggota IKAPI (403/JBA/2021)

Redaksi:
Komp. Purigading Ruko I No. 39
Pondokmelati Kota Bekasi 17414
Telp/WA: 0851-6138-9537
E-mail: dewanggapublishing@gmail.com
Website: www.dewanggapublishing.com

Cetakan Pertama : Agustus 2023

Ukuran:
89 halaman, B5 18,2 x 26,7 cm

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit maupun penulis

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi saya untuk menuntaskan buku sederhana ini yang berjudul KONSEP DASAR SISTEM INSTRUMENTASI, WIRELESS SENSOR NETWORK DAN INTERNET OF THINGS (IoT).

Buku ini ditulis bertujuan sebagai pedoman dalam memahami ilmu-ilmu seperti Sistem Instrumentasi, Otomasi Industri dan Sistem Sensor. Selain itu, juga sebagai referensi bagi pembaca umum dalam mengawali pemahaman dibidang elektronik modern. Buku ini sengaja di desain ringkas dan mendalam dengan ilustrasi gambar yang banyak agar memudahkan pembaca dalam memahami konsep dasar dan penerapan topik-topik yang dibahas dalam buku ini.

Tentunya, banyak pihak yang mendukung penulis dalam menyelesaikan buku ini yaitu Istri tercinta Aisyah Amin, anak-anak penulis Dzakira Alpha Muhendra dan Mubarak Electra Muhendra. Selain itu, rekan kerja penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga buku ini dapat diterima dengan baik oleh para mahasiswa, dosen, peneliti dan pembaca umum. Kritik dan saran penulis harapkan dari para pembaca guna perbaikan kualitas dan isi buku ini di email: rifki.muhendra@dsn.ubharajaya.ac.id.

Salam hormat,

Rifki Muhendra

DAFTAR ISI

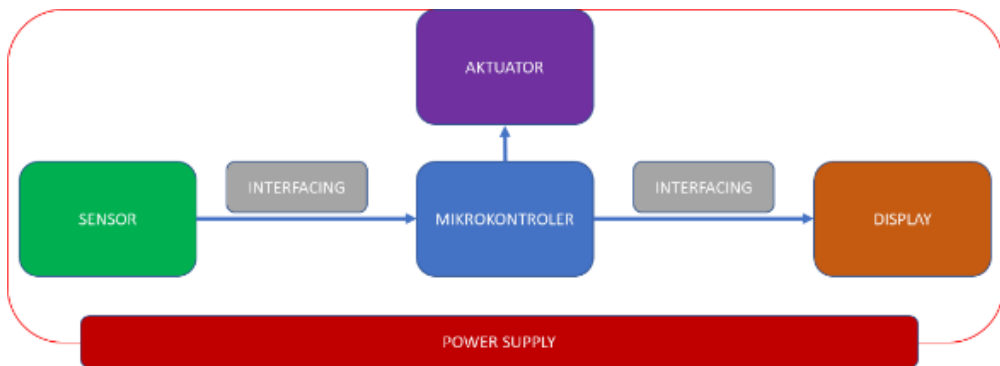
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
Sistem Instrumentasi	1
1.1 Dasar Perangkat Keras Sistem Instrumentasi	2
1.2 Sensor.....	3
1.2.1 Sensor fisika	3
1.2.2 Sensor Kimia.....	4
1.2.3 Sensor Biologi.....	5
1.3 Mikrokontroler.....	6
1.3.1 Arduino Uno	7
1.3.2 NodeMCU.....	9
1.4 Display.....	10
1.4.1 LCD 16x2.....	11
1.4.2 Seven segment	12
1.5 Actuator	12
1.5.1 Relay.....	13
1.5.2 Katup (Valve).....	14
1.5.3 Motor	15
1.6 Interfacing	17
1.6.1 Analog to Digital Converter (ADC) dan Digital to Analog (DAC).....	17
1.6.2 Penguat	18
1.6.3 Filter	19
1.7 Antarmuka komunikasi	20
1.7.1 I2C	21
1.7.2 SPI.....	21
1.7.3 Serial.....	22
1.8 Power supply.....	23
1.9 Dasar Perangkat Lunak Sistem Instrumentasi	24
1.10 Library	24
1.11 Tipe data	25
1.12 Pengulangan.....	26
1.13 Percabangan	26
1.14 Aritmatik dan Logika digital	30
1.15 Rangkaian alat ukur suhu dan kelembaban disertai control kipas	32
1.15.1 Komponen.....	32
1.15.2 Rancangan Perangkat Keras.....	33

1.15.3 Rancangan Perangkat Lunak	33
1.15.4 pembahasan.....	34
Wireless Sensor Network (WSN)	36
2.1 Dasar WSN	37
2.1.1 Arsitektur Wireless Sensor Network (WSN).....	38
2.2 Topologi Jaringan	40
Bintang (star).....	40
Bus.....	41
Cincin (ring)	42
Pohon (tree)	42
Mesh	43
Hop.....	43
Cluster jaringan	45
2.3 Protokol Komunikasi WSN	46
2.4 Radio Frekuensi.....	49
2.5 LoRa.....	50
2.6 Sistem pencatutan pada WSN.....	51
2.7 Pemanenan Energi untuk Jaringan Sensor Nirkabel	53
2.8 RadioHead.....	55
2.9 Mekanisme pembangunan jaringan mesh menggunakan OSS RadioHead ...	57
2.7 Sistem monitoring meter air berbasis mesh.....	59
Internet of Things (IoT)	67
3.1 Dasar IoT	68
3.2 Protokol komunikasi IP	71
3.3 Jaringan GSM dan Wifi.....	75
Jaringan GSM	75
Wi-Fi	76
3.4 Cloud Server	76
Thingspeak	79
MQTT Cloud	81
3.5 Sistem pengukur kebocoran gas berbasis Thingspeak	83
DAFTAR PUSTAKA	87
BIOGRAFI PENULIS	88

Sistem Instrumentasi

1.1 Dasar Perangkat Keras Sistem Instrumentasi

Sistem instrumentasi dapat dipahami sebagai sebuah sistem elektronik yang berfungsi sebagai pembaca nilai lingkungan, control dan komunikasi data. Beberapa ciri kas sistem instrumentasi ini yaitu berdaya rendah, proses sederhana dan biaya pembuatannya rendah. Beberapa aplikasi dari sistem instrumentasi ini adalah alat ukur atau biasa disebut meter dan alat control. Skema besar dari sebuah sistem instrumentasi dapat dilihat pada gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.1 Skema besar sistem instrumentasi

Dari gambar 1.1 dapat dilihat komponen-komponen pembentuk sistem instrumentasi dan konektivitasnya satu-sama lain. Sistem instrumentasi secara umum terdiri dari sensor, mikrokontroler, display, actuator, interfacing dan power supply. Sensor merupakan komponen yang dapat menterjemahkan nilai-nilai lingkungan menjadi nilai-nilai elektronik. Mikrokontroler bisa juga disebut mikro computer merupakan chip prosesor yang bertugas melakukan proses logika, swiching dan proses operasional data lainnya. display sebagaimana Namanya bertugas untuk menampilkan sebuah nilai ataupun karakter output dari sebuah sistem instrumentasi. Actuator dapat dipahami sebagai komponen yang dapat mengubah perintah atau signal menjadi sebuah kerja. Interfacing merupakan komponen yang dapat memperbaiki signal-signal elektronik agar lebih mudah diproses. Dan power supply adalah perangkat elektronik yang mensupply tegangan dan arus menuju sistem.

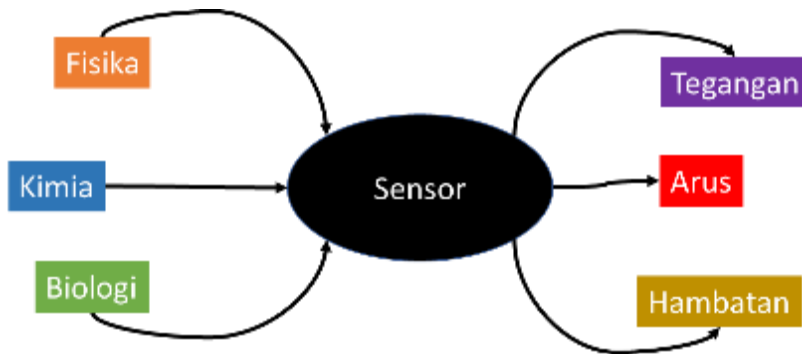
Selain komponen-komponen fisik elektronik diatas, sebuah sistem instrumentasi juga membutuhkan perangkat lunak (software) untuk bekerja. Software ini nantinya yang akan menjadi penentu sebuah sistem itu berfungsi buat apa? Seperti sistem instrumentasi untuk alat ukur, software akan memulai proses pembacaan sensor, prosesor data pada mikrokontroler dan output pada display. Untuk itu, seorang perancang sistem instrumentasi harus memiliki kemampuan programming yang

baik. Beberapa Bahasa pemrograman untuk sistem instrumentasi yang populer dikenal antara lain Arduino Ide, C++, Python dan lain sebagainya.

Komponen-komponen elektronik serta software yang dibutuhkan dalam membangun sebuah sistem instrumentasi akan dijelaskan pada sub-sub bab buku ini.

1.2 Sensor

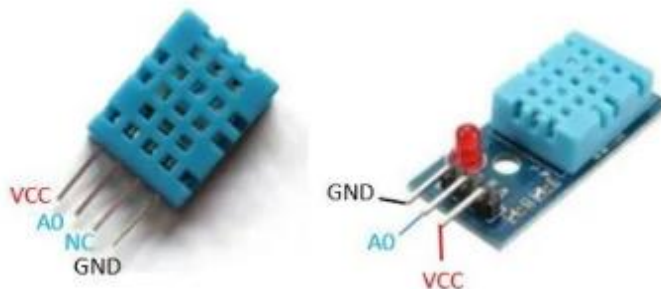
Hampir semua nilai kuantitas lingkungan dapat dibaca oleh sensor. Misalkan saja sensor cahaya, sensor ini dapat mengubah nilai energi foton menjadi nilai-nilai elektronik. Dengan perkembangan ilmu bahan dan rekayasa material nilai-nilai kimia dan biologi pun bisa dibaca oleh sensor, seperti pada ilustrasi dibawah ini.



Gambar 1.2 Prinsip kerja sensor

1.2.1 Sensor fisika

Salah satu contoh sensor fisika yang populer digunakan oleh pengembang sistem instrumentasi adalah DHT11. DHT11 adalah sensor suhu dan kelembaban. Sensor ini memiliki keluaran signal analog. Dipasaran DHT11 juga ditawarkan dalam bentuk modul seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1.3 DHT11, sensor tersendiri (kiri) dan dalam bentuk modul (kanan)

Modul DHT11 punya 3 pin yaitu tegangan masukan (VCC), Ground (GND) dan Signal keluaran analog (AO). Di dalam kotak sensor yang berwarna biru ini Resistor dengan tipe NTC (Negative Temperature Coefficient). Prinsip kerja resistor ini adalah nilai hambatannya berbanding terbalik dengan kenaikan suhu yang tertangkap. Resistor jenis ini memiliki karakteristik dimana nilai resistansinya berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Artinya, semakin tinggi suhu ruangan maka nilai resistansi NTC akan semakin kecil. Sebaliknya nilai resistansi akan meningkat ketika suhu disekitar sensor menurun. Selain resistor NTC, terdapat juga sebuah substrak yang diapit oleh sepasang elektroda. Substrak ini berfungsi resisten kelembaban sensor. Perubahan resistansi antara kedua elektroda sebanding dengan kelembaban relatif. Kelembaban relatif yang lebih tinggi akan mengurangi resistensi antara elektroda, sementara kelembaban relatif yang lebih rendah akan meningkatkan resistensi antara elektroda¹.

Spesifikasi DHT11

- Tegangan kerja = 3.3V-5V.
- Arus maksimum = 2.5mA
- Range pengukuran kelembaban = 20%-80%
- Akurasi pengukuran kelembaban = 5%
- Range pengukuran suhu = 0°C-50°C
- Akurasi pengukuran suhu = 2°C
- Kecepatan pengambilan sampel tidak lebih dari 1 Hz (setiap detik)
- Ukuran = 15.5 mm x 12 mm x 5.5 mm
- 4 pin dengan jarak 0,1 "

1.2.2 Sensor Kimia

Sensor Kimia biasanya ini melibatkan beberapa reaksi kimia dalam pengoperasiannya. Beberapa jenis sensor kimia antara lain Sensor PH, Sensor Gas, Sensor oksigen, Sensor Ledakan danlain sebagainya. Salah satu contoh sensor kimia yang sering digunakan adalah MQ2. MQ2 adalah sensor gas yang dapat mengukur nilai kadar H₂, LPG, CH₄, CO, Alkohol, Asap atau Propane di lingkungan.

¹ Rifki Muhendra and Aisyah Amin, "Real-Time Monitoring: Development of Low Power Fire Detection System for Dense Residential Housing Based on Internet of Things (IoT) and Cloud Messenger," *Scientific Journal of Informatics* 8, no. 2 (2021).



Gambar 1.4 Modul MQ2

Sensor ini merupakan Sensor Gas jenis Metal Oxide Semiconductor (MOS) juga dikenal sebagai Chemiresistors karena deteksi didasarkan pada perubahan resistansi bahan penginderaan ketika Gas bersentuhan dengan bahan. Menggunakan jaringan pembagi tegangan sederhana, konsentrasi gas dapat dideteksi. Sensor Gas MQ2 bekerja pada 5V DC dan menarik sekitar 800mW. Ini dapat mendeteksi konsentrasi LPG, Asap, Alkohol, Propana, Hidrogen, Metana, dan Karbon Monoksida di mana saja dari 200 hingga 10000ppm.

1.2.3 Sensor Biologi

Kebanyakan sensor biologi yang dijual dipasaran dibangun dari pendekatan fisika. Salah satu contohnya adalah Pulse sensor. Sensor pulse bekerja dengan cara memanfaatkan cahaya. Sensor ini diletakkan pada permukaan kulit. Ketika jantung memompa darah melalui tubuh, dari setiap denyut yang terjadi, timbul gelombang pulsa (jenis seperti gelombang kejut) yang bergerak di sepanjang arteri dan menjalar ke jaringan kapiler di mana sensor pulsa terpasang. Sensor pulsa dirancang untuk mengukur inter beat interval (IBI). IBI adalah selang waktu pada denyut jantung dalam mili detik dengan waktu momen sesaat dari jantung berdetak. BPM berasal setiap detak dari rata-rata setiap 10 kali IBI. Sensor pulse biasanya bekerja pada rentang tegangan 3,3 VDC – 5 VDC².

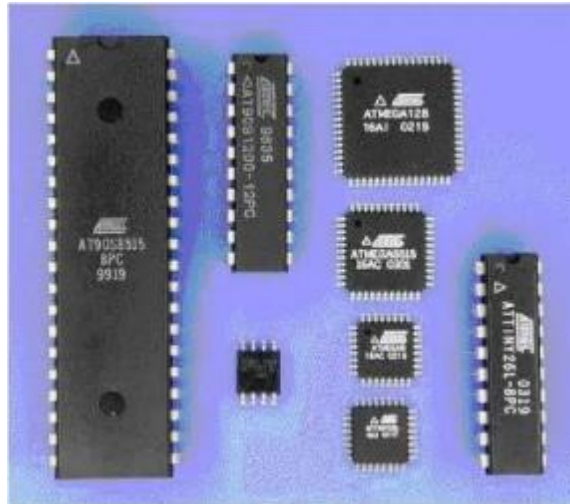
² Young Hoon Nho, Jong Gwan Lim, and Dong Soo Kwon, "Cluster-Analysis-Based User-Adaptive Fall Detection Using Fusion of Heart Rate Sensor and Accelerometer in a Wearable Device," *IEEE Access* 8 (2020).



Gambar 1.5 Sensor detak jantung

1.3 Mikrokontroler

Jika anda baru pertama kali mendengar istilah “mikrokontroler” biasanya yang akan terpikirkan adalah sebuah kontroler yang berukuran mikro. Penterjemahan secara awam ini tidak lah salah. Namun agar lebih tepat, sebuah mikrokontroler ini dapat kita pahami sebagai sebuah sistem seperti computer yang dikemas dalam sebuah chip terintegrasi. Bahasa lebih umumnya adalah integrated Circuit atau dipendekkan dengan IC. Di dalam IC ini komponen-komponen umum dalam sebuah computer ini berada yaitu Central Processing Unit (CPU), Random Access Memory (RAM), Read-only Memory (ROM), Port input/output (IO) dan lain sebagainya. CPU adalah komponen yang bekerja menjalankan intruksi-intruksi seperti operasi aritmatika, logika, pengendalian, dan input/output dasar yang ditentukan oleh instruksi dalam program. RAM yang merupakan memori dalam sebuah computer yang berfungsi untuk menyimpan data sementara. Sementara ROM adalah memori yang bersifat permanen. Ini berarti program atau data yang tersimpan dalam ROM tidak akan hilang walaupun computer dimatikan. Port IO pada mikrokontroler berfungsi sebagai port tempat komunikasi mikrokontroler dan perangkat eksternal. Perangkat eksternal ini dapat berupa perangkat masukan dan juga perangkat keluaran. Beberapa jenis mikrokontroler yang beredar di pasaran antara lain Mikrokontroler AVR (Vegard's Risc Processor), PIC dan mikrokontroler AT89S.



Gambar 1.6 Beberapa jenis mikrokontroler jenis AVR

(sumber : fahmizaleeits.wordpress.com)

Biasanya, sebuah mikrokontroler tidak bisa bekerja sendiri. Mikrokontroler membutuhkan komponen elektronik lainnya dalam sebuah rangkaian untuk bekerja secara optimal atau biasa disebut dengan rangkaian minimum mikrokontroler. Rangkaian minimum ini bisa dibangun sendiri dari beberapa komponen namun juga adalah yang telah dikembangkan menjadi sebuah board terintegrasi mikrokontroler.

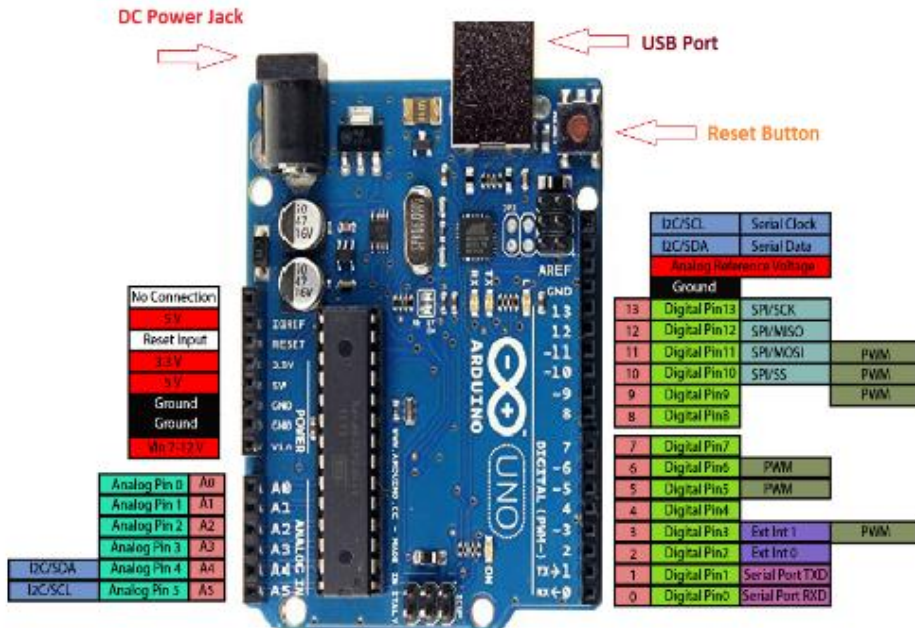
Seperti halnya sebuah computer, mikrokontroler bekerja dengan menanamkan sebuah perangkat lunak (software) atau biasa dikenal dengan program kedalamnya. Program ini yang menentukan fungsi dari sebuah sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler ini dibangun. Program dalam sebuah mikrokontroler terdiri dari sejumlah intruksi dasar, logika, identifikasi dan interaksi dari sebuah perangkat keras. Beberapa Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun program dalam sebuah mikrokontroler antara lain Bahasa assembly, C/C++, Phyton dan lain sebagainya.

Dalam buku ini kita akan langsung menggunakan modul yang telah dikembangkan oleh peneliti sebelumnya dan mudah dijumpai dipasaran. Modul-modul mikrokontroler tersebut antara lain Arduino Uno dan NodeMCU.

1.3.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrontroler yang paling populer digunakan. Board ini berbasis mikrokontroler ATmega328. Keunggulan yang paling dirasa pengguna mikrokontroler adalah sifatnya yang open source, artinya tidak dikoordinasi oleh

suatu individu / lembaga pusat, namun oleh pengembang-pengembang mikrokontroler seluruh dunia. Selain itu, Arduino Uno sangat mudah berkomunikasi dengan perangkat lain dan juga jaringan komunikasi eksternal.



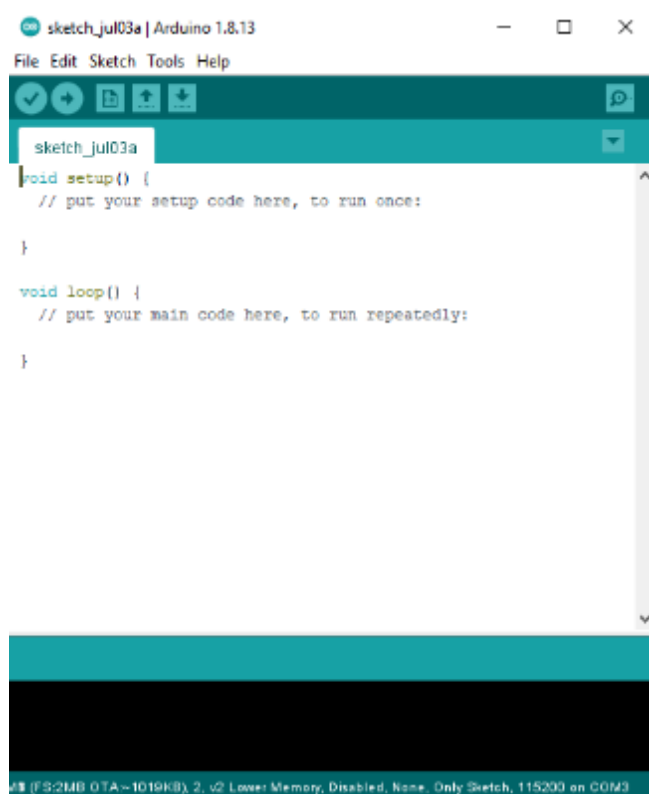
Gambar 1.7 Arduino Uno beserta pin out

Spesifikasi dari Arduino Uno

- Microcontroller ATmega328
- Operasi dengan daya 5V Voltage
- Ada 14 pin Digital I / O (dimana 6 memberikan output PWM)
- 6 Analog Input Pin 6
- Arus max 50 mA
- Flash Memory 32 KB (ATmega328) yang 0,5 KB digunakan oleh bootloader
- 2 KB SRAM
- 1 KB EEPROM
- Clock Speed 16 MHz

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk menanamkan sebuah program ke Arduino Uno adalah Arduino IDE. IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment, yaitu lingkungan terintegrasi untuk melakukan pengembangan. Arduino IDE dikembangkan dari Bahasa pemrograman C. Dengan kesederhanaan dan kemudahan dalam kode dasar (sintak) membuat sebuah pengguna sangat mengagumi Bahasa pemrograman ini. Untuk mendownload Bahasa

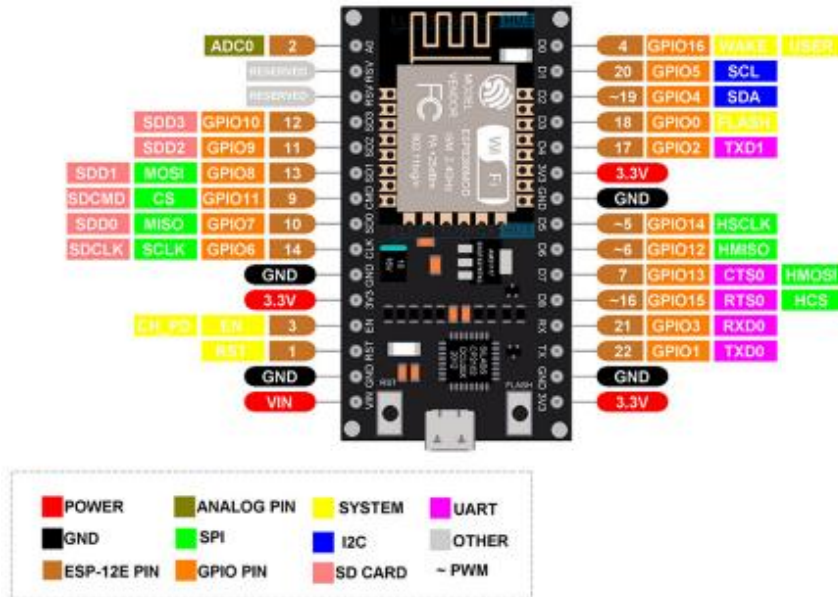
pemrograman Arduino ini anda dapat mencari di browser internet dengan mengetikkan <https://www.arduino.cc/en/software>.



Gambar 1.8 Tampilan layar pemrograman Arduino IDE

1.3.2 NodeMCU

NodeMCU adalah modul mikrokontroler berbasis System On Chip (SoC) ESP8266. ESP8266 buatan Espressif System, dimana chip dapat dufungsikan sebagai sebuah sistem mikrokontroler dan juga sebagai modul komunikasi berbasis teknologi Wi-Fi. NodeMCU populer digunakan di dunia karena dioperasikan layaknya sebuah Arduino namun juga mendukung aplikasi komunikasi data dan internet. Hardware NodeMCU berdimensi kecil. Untuk memprogram nodeMCU, cukup menggunkan sebuah kabel USB kemudian dihubungkan ke sebuah computer seperti sebuah WSNartphone Android.



Gambar 1.9 NodeMCU beserta pinout

Spesifikasi dari NodeMCU

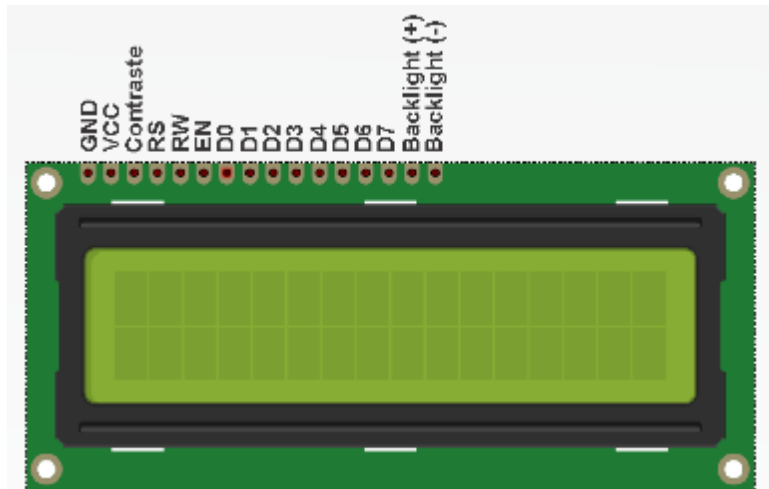
- Mikrokontroler / Chip : ESP8266-12E
- Tegangan Input : 3.3-5V
- GPIO : 13 Pin
- Kanal PWM : 10 Kanal
- 10 bit ADC Pin : 1 Pin
- Flash Memory : 4 MB
- Clock Speed : 40/26/24 MHz
- WiFi : IEEE 802.11 b/g/n
- Frekuensi : 2.4 GHz – 22.5 Ghz
- USB Port : Micro USB
- USB Chip : CH340G

1.4 Display

Sesuai dengan Namanya, display pada sistem instrumentasi dapat diartikan sebagai komponen yang dapat menampilkan data setelah sebelumnya diproses oleh mikrokontroler. Data ini dapat berupa angka, huruf, kata, kalimat, grafik dan lain sebagainya. Pada bagian ini hanya membahas mengenai display yang umum digunakan dalam pengembangan sistem instrumentasi yaitu Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 dan seven segmen.

1.4.1 LCD 16x2

LCD 16x2 merupakan display paling populer yang digunakan pengembang sistem instrumentasi. Sesuai namanya, LCD 16x2 terbuat dari bahan cairan kristal sebagai penampil utama. LCD 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dengan tiap baris menampilkan 16 karakter.



Gambar 1.10 LCD 16x2

Keterangan :

- **GND** : catu daya 0 VDC
- **VCC** : catu daya positif
- **Contrate** : untuk kontras tulisan pada LCD
- **RS** atau Register Select :
 - High : untuk mengirim data
 - Low : untuk mengirim instruksi
- **R/W** atau Read/Write
 - High : mengirim data
 - Low : mengirim instruksi
 - Disambungkan dengan LOW untuk pengiriman data ke layar
- **E (enable)** : untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai LOW, LCD tidak dapat diakses
- **D0 – D7** = Data Bus 0 – 7
- **Backlight +** : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar
- **Backlight –** : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar

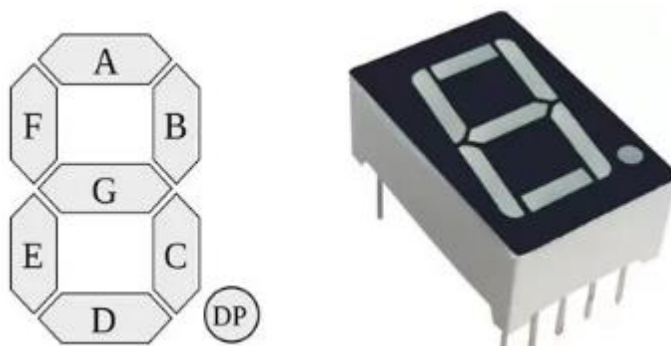
Spesifikasi dari LCD 16x2

- Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
- Dilengkapi dengan back light
- Mempunyai 192 karakter tersimpan
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
- Terdapat karakter generator terprogram

Pada saat ini, untuk mengendalikan LCD 16x2 menggunakan Arduino lebih mudah dibandingkan sistem mikrokontroler yang dibangun sendiri, yaitu dengan mendownload library LiquidCrystal.h. selain LCD 16x2 ada beberapa ukuran LCD lain yang juga bisa menjadi pilihan dalam sistem instrumentasi yaitu 8x1, 16x1, 16x2, 16x4, 20x4.

1.4.2 Seven segment

Selain LCD 16x2, seven segment adalah komponen yang juga sering digunakan pengembang sistem instrumentasi. Seven segment biasanya dipakai pada jam digital, kalkulator, penghitung atau counter digital dan lain sebagainya. Seven Segment Display memiliki 7 Segmen dimana setiap segmen dikendalikan secara ON dan OFF untuk menampilkan angka yang diinginkan. Angka-angka dari 0 (nol) sampai 9 (Sembilan) dapat ditampilkan dengan menggunakan beberapa kombinasi Segmen. Selain 0 – 9, Seven Segment Display juga dapat menampilkan Huruf Hexadecimal dari A sampai F. Segmen atau elemen-elemen pada Seven Segment Display diatur menjadi bentuk angka “8” yang agak miring ke kanan dengan tujuan untuk mempermudah pembacaannya. Kadang-kadang, seven segment ini juga digunakan beberapa buah sekaligus, tentunya untuk kebutuhan pengembang.



Gambar 1.11 Seven segment

(sumber : <https://panduanteknisi.com>)

1.5 Actuator

Aktuator dapat diartikan sebuah perangkat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sebuah kerja. Beberapa bentuk kerja yang dilakukan actuator antara lain

kontak hidup/mati (switching on/off), buka tutup katup, penggerak atau motor dan lain sebagainya. Ada banyak jenis actuator yang tersedia dipasaran, namun pada buku ini, kami hanya menjelaskan untuk tiga perangkat saja yaitu relay, valve dan motor.

1.5.1 Relay

Relay merupakan sebuah saklar (Switch) otomatis yang bekerja berdasarkan sinyal listrik. Relay bekerja menggunakan prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan kontak Saklar. Selain digunakan pada sebuah rangkaian instrumentasi, relay 5V juga bisa ditemukan pada jenis kendaraan seperti motor maupun mobil.



Gambar 1.12 Relay 5 V

Jika kita bedah komponen pembangun sebuah relay, setidaknya ada lima komponen yaitu Penyangga (Armature), Kumparan (Coil), Pegas (Spring), Saklar (Switch Contact) dan Inti Besi (Iron Core) seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.13.



Gambar 1.13 Komponen pembentuk relay

(sumber : www.aldyrazor.com)

Berdasarkan gambar komponen relay tersebut, sebuah relay bekerja memanfaatkan gaya elektromagnetik. Gaya ini tercipta dari inti besi yang dililitkan kawat kumparan dan dialiri aliran listrik. Pada saat kumparan dialiri arus listrik, inti besi akan menjadi magnet dan menarik penyangga sehingga kondisi yang awalnya tertutup menjadi terbuka. Sebaliknya, pada saat kumparan tidak dialiri arus listrik pegas akan menarik ujung penyangga dan membuat kondisi menjadi tertutup.

Secara umum kondisi atau posisi pada relay terbagi menjadi dua, yaitu:

- NC (Normally Close), adalah kondisi awal atau kondisi dimana relay dalam posisi tertutup karena tak menerima arus listrik.
- NO (Normally Open), adalah kondisi dimana relay dalam posisi terbuka karena menerima arus listrik.

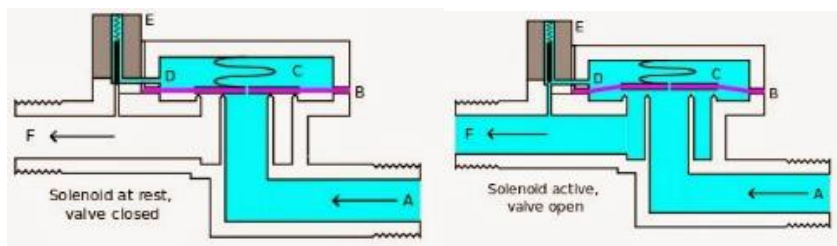
1.5.2 Katup (Valve)

Valve atau juga biasa di sebut kran adalah sebuah alat untuk dapat mengendalikan aliran fluida. Valve sendiri dapat dibagi menjadi valve mekanik dan valve otomatis. Dalam kajian sistem instrumentasi, valve yang dimaksud adalah valve yang dapat otomatis alias katup yang buka tutupnya dikendalikan dari sebuah sinyal listrik.



Gambar 1.14 Valve

Salah satu jenis valve yang populer digunakan pada sistem instrumentasi adalah Solenoid valve. Valve ini mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. Sebuah solenoid valve memiliki lubang keluaran, lubang masukan dan lubang exhaust. Lubang exhaust berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika solenoid valve bekerja.



Gambar 1.15 Prinsip kerja valve

(sumber: <http://www.kitomaindonesia.com>)

Ketika kumparan atau juga bisa disebut koil mendapat supply tegangan, maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya. Kemudian ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari solenoid valve akan keluar cairan yang berasal dari supply, pada umumnya solenoid valve mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC.

1.5.3 Motor

Motor dalam pengertian sederhana dapat diartikan sebagai sebuah mesin yang dapat mengubah energi menjadi gerak. Seperti halnya valve, motor yang akan dijelaskan disini adalah motor yang sumber penggerakannya dari energi listrik dimana pengoperasiannya dapat dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler. Ada dua jenis motor yang populer di kalangan pengembang instrumentasi yaitu motor servo dan motor stepper.

A Motor servo

Motor servo merupakan jenis motor yang sudut putarnya dapat dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler. Salah satu jenis motor servo yang banyak digunakan adalah jenis DC SG90S seperti yang terlihat pada gambar 1.16.



Gambar 1.16 Servo motor SG90S

(sumber: www.engineersgarage.com)

Motor servo SG90S mampu berputar sekitar 180° (setengah lingkaran). Dimensi motor servo ini yaitu panjang 3,2 cm lebarnya 1,2 cm dan tinggi 3,2 cm. Motor servo SG90S mempunyai 3 pin (kabel konektor) yang biasanya berwarna Orange, Coklat dan Merah.

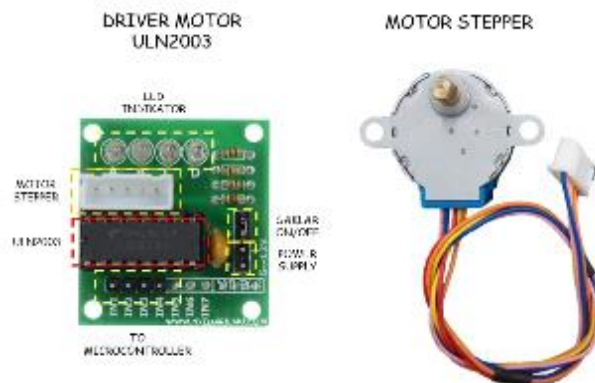
- Kabel Orange : PWM control
- Kabel Coklat : Ground
- Kabel Merah : VCC

Motor Servo SG90S ini dikontrol putarannya dengan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang nantinya diberikan oleh mikrokontroler. Sinyal PWM dapat dipahami sebagai sinyal kotak dengan lebar berdasarkan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (Analog to Digital Converter) yang dapat mengkonversi sinyal Analog ke Digital. PWM juga dapat dipahami sebagai sebuah cara untuk sinyal analog dari perangkat Digital seperti Mikrokontroler. Sinyal PWM untuk kontrol servo mempunyai duty cycle 1-2 ms dengan frekuensi 50Hz.

B Motor stepper

Motor stepper adalah jenis motor yang dapat mengubah sinyal pulsa dari mikrokontroler menjadi sebuah Gerakan diskrit (tidak terus menerus atau terpisah). Salah satu keunggulan dari motor stepper ini adalah pesesis dalam posisi dan pergerakan ketika diulang, dapat menghasilkan putaran yang lambar sesuai pengaturan frekuensi dan mudah diatur.

Motor stepper memiliki dua komponen utama yaitu rotor dan stator. Stator merupakan komponen yang diam mengelilingi rotor yang berisikan kumparan dan membentuk medan magnet untuk mengatur perputaran rotor. Sedangkan rotor adalah magnet permanen yang akan bergerak terhadap kumparan / stator.



Gambar 1.17 Driver motor dan motor Stepper

(sumber : www.nyebarilmu.com)

Prinsip kerja dari sebuah motor stepper adalah mengubah pulsa-pulsa input menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor ini bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan. Sehingga untuk menggerakkan motor ini diperlukan pengendali motor stepper yang berfungsi untuk membangkitkan pulsa-pulsa periodik atau juga disebut driver motor stepper. Driver motor stepper ini adalah salah satu jenis interfacing. Interfacing sendiri akan dijelaskan pada bagian setelah motor stepper

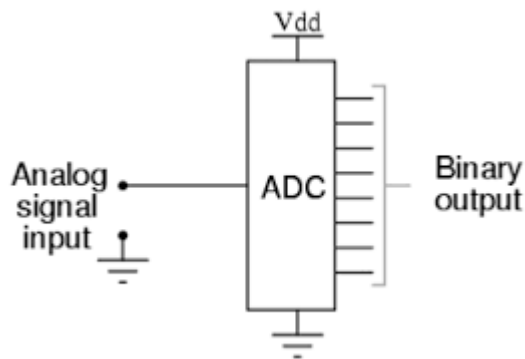
ini. Pulsa keluaran dari pengendali motor yang berupa gelombang kotak dan penerapan pulsa tersebut untuk menghasilkan arah putaran yang bersesuaian dengan pulsa kendali.

1.6 Interfacing

Jika dilihat kembali skema utama dari sistem instrumentasi, kurang lebih kita dapat memahami fungsi dasar dari sebuah interfacing. Interfacing sendiri adalah komponen yang membantu komponen lainnya mendapatkan nilai elektronik yang lebih baik sehingga komunikasi antar komponen menjadi lebih mudah dan sederhana. Misalkan sebuah sinyal keluaran sebuah sensor memiliki nilai yang kecil sehingga kurang dipahami oleh mikrokontroler untuk selanjutnya diproses, maka disitu sebaiknya hubungkan dulu dengan interfacing. Dibawah ini akan dibahas beberapa jenis interfacing yang sering digunakan dalam sistem instrumentasi.

1.6.1 Analog to Digital Converter (ADC) dan Digital to Analog (DAC)

Dalam hal pemrograman sangat memudahkan bagi kita mengolah menggunakan sinyal digital, namun ketika sinyal tersebut ingin diterapkan komponen elektronik seperti motor haruslah diubah kembali menjadi sinyal analog. Untuk mengubah sinyal analog menjadi digital dapat menggunakan ADC, sebaliknya untuk mengubah sinyal digital menjadi analog dapat menggunakan DAC.

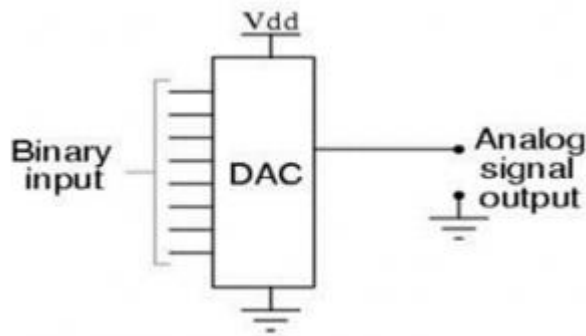


Gambar 1.18. Diagram kerja ADC

(sumber: <https://ajat.xyz>)

Ada dua hal yang menentukan kemampuan sebuah ADC yaitu sample per second (SPS) dan resolusi. SPS dapat dimaknai sebagai kecepatan sebuah sinyal analog diubah menjadi digital. Semakin besar nilai SPS suatu ADC semakin banyak jumlah samplangnya. Resolusi dapat diartikan sebagai nilai ketelitian hasil dari konversi sampling. Misalkan ADC 8 memiliki 255 nilai diskrit sedangkan ADC 12 bit memiliki 4096 nilai diskrit. Penghitungan jumlah nilai diskrit ADC dapat menggunakan rumus $2^n - 1$. Contoh sederhana kasus ADC 8 bit memiliki tegangan referensi 5 Volt.

ADC tersebut memiliki tegangan masukan sebesar 3 Volt. Rasio masukan terhadap tegangan referensi adalah 60%. Ini berarti jumlah nilai diskritnya adalah $60\% \times 255 = 153$ (bentuk desimal) atau 10011001 (bentuk biner). Salah satu IC ADC 8 bit yang sering digunakan adalah ADC 0804.



Gambar 1.19 Diagram DAC

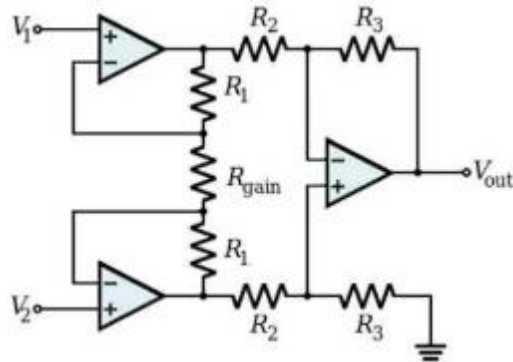
(sumber: <https://ajat.xyz>)

Kebalikan dari proses kerja dari ADC, DAC akan mengubah bilangan diskrit atau biner menjadi sebuah sinyal analog. Salah satu IC yang DAC yang digunakan adalah IC DAC 0808. IC ini dilengkapi pin control tegangan referensi agar dapat disesuaikan terhadap data masukan.

1.6.2 Penguat

Sesuai namanya, penguat berfungsi untuk memperkuat sinyal keluaran suatu komponen elektronik. Jenis interfacing ini biasa digunakan dalam pengembangan sensor, radio komunikasi dan speaker. Salah satu penguat yang sering digunakan adalah penguat instrumentasi. Fungsi dari penguat instrumentasi antara lain untuk memperkuat sinyal dengan tingkat sangat rendah, mengurangi atau menghilangkan noise dan sinyal gangguan. Kelebihan dari penguat instrumentasi ini adalah penguatan sangat besar dibandingkan sinyal masukan, mudah dikontrol nilai keluarannya dan tentu saja mengurangi atau menghilangkan noise.

Sebuah rangkaian penguat instrumentasi dapat dibangun seperti gambar 1.20. Rangkaian ini terdiri dari integrated circuit (IC) LM741, resistor dan resistor variable. LM741 adalah jenis penguat yang memiliki 2 buah masukan dan satu keluaran atau biasa disebut juga penguat operasional yang secara fisik memiliki 8 pin. Pada gambar 18 LM741 digambarkan berupa segitiga. Resistor adalah komponen penahan aliran arus[®] dan resistor variable adalah resistor yang dapat diatur nilai hambatannya (Rgain).



Gambar 1.20. Rangkaian penguat instrumentasi

(sumber: abdulektro.blogspot.com)

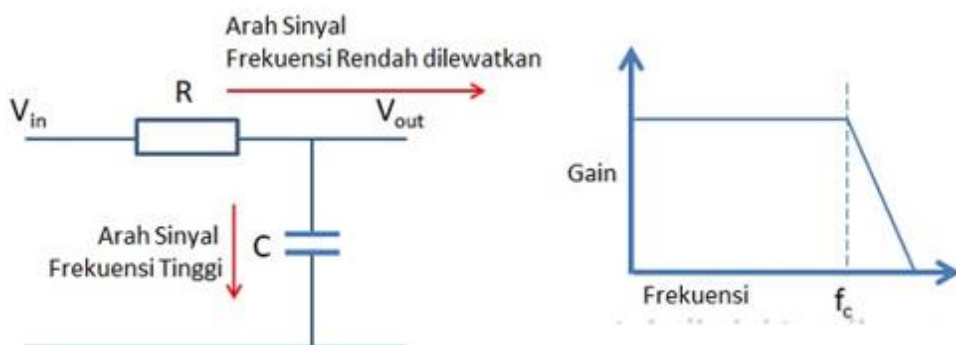
Nilai penguatan penguat instrumentasi ini dapat dihitung menggunakan rumus:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \left(\frac{R_2}{R_3} \right)$$

Untuk lebih jelasnya mengenai cara membuat rangkaian penguat instrumentasi ini, saya rekomendasikan membaca blog abdulektro.blogspot.com.

1.6.3 Filter

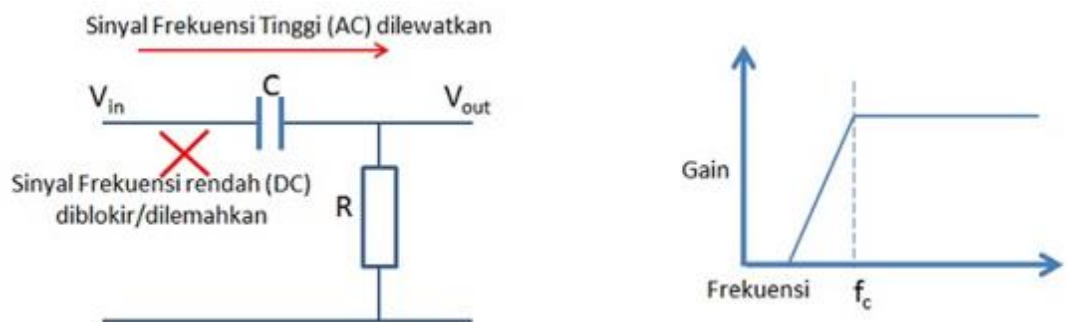
Filter merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk meloloskan sebagian sinyal terhadap Sebagian yang lain. Misalkan kita hanya ingin mendapatkan nilai sinyal berfrekuensi rendah dibandingkan sinyal yang berfrekuensi tinggi dapat, maka kita dapat menggunakan filter lolos rendah atau lebih dikenal dengan low pass filter (LPF). Kebalikan dari LPF adalah high pass filter (HPF). Rangkaian sederhana dari LPF dan HPF dapat dilihat pada gambar 1.21 dan 1.22.



Gambar 1.21 Rangkaian LPF

(sumber: teknikelektronika.com)

Pada gambar 19 terlihat rangkaian sederhana LPF. Rangkaian ini hanya terdiri dari sebuah resistor dan kapasitor. Kapasitor menawarkan nilai hambatan yang berbeda terhadap sinyal frekuensi masukan. Hambatan pada kapasitor menjadi sangat besar jika dilalui sinyal dengan frekuensi rendah sedangkan menjadi bernilai rendah apabila dilewati sinyal frekuensi tinggi. Sinyal frekuensi rendah akan diblok seperti tanda panah merah. Sinyal frekuensi tinggi setelah melewati resistor juga akan melewati kapasitor yang selanjutnya sinyal ini tidak digunakan. Kita dapat membuat LPF ini dengan kapasitor 10nF dan resistor 1K Ω . Rumus perhitungan titik cut off frekuensi pada rangkaian LPF adalah $f = 0.5RC$. dengan demikian besar frekuensi cut off adalah 15,9 kHz. Ini berarti filter akan meloloskan sinyal dibawah 15,9 kHz dan menghilangkan sinyal dengan frekuensi di atas 15,9 kHz



Gambar 1.22 Rangkaian HPF

(sumber: teknikelektronika.com)

Pada gambar 20 terlihat rangkaian sederhana HPF. Rangkaian ini adalah kebalikan dari rangkaian LPF. Dengan menggunakan prinsip yang sama, rangkaian ini akan meloloskan sinyal dengan frekuensi tinggi dan memblok sinyal dengan frekuensi rendah. Salah satu rangkaian yang menggunakan HPF ini adalah rangkaian mikrofon.

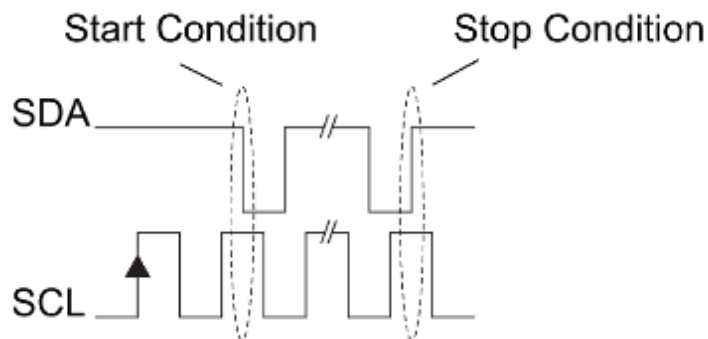
1.7 Antarmuka komunikasi

Selain interfacing yang kebanyakan bersifat komponen atau rangkaian perangkat keras, memahami antarmuka komunikasi merupakan hal yang penting dalam sistem instrumentasi. Berikut ada beberapa antarmuka komunikasi yang biasa digunakan oleh mikrokontroler berbagi data dengan komponen lain: Inter-Integrated Circuit (I2C), Serial Peripheral Interface (SPI) dan Serial Interfaces atau dikenal juga dengan RS-232 atau UARTs.

1.7.1 I2C

Pada saat ini banyak modul-modul sensor dan display LCD menggunakan I2C untuk terhubung secara data ke mikrokontroler. I2C sendiri hanya memiliki 2 jalur (line) yaitu Serial Clock (SCL) dan Serial Data (SDA). Pada Arduino, SCL berada pada pin analog 5 (A5) dan SDA berada pada pin A4.

Sebuah perangkat yang akan dihubungkan dengan antarmuka I2C beroperasi sebagai master dan Slave. Pada I2C diperkenalkan n-Master dan n-slave. Master adalah perangkat yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal Start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal Stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adalah perangkat yang dialamat oleh master. Sinyal start merupakan sebuah tanda bahwa adanya perubahan tegangan pada SDA dari "1" ke "0" ketika SCL bernilai "1". Sinyal Stop merupakan sebuah tanda perubahan tegangan pada SDA dan "0" menjadi "1" ketika SCL bernilai "1".



Gambar 1.23 Ilustrasi sinyal pada I2C

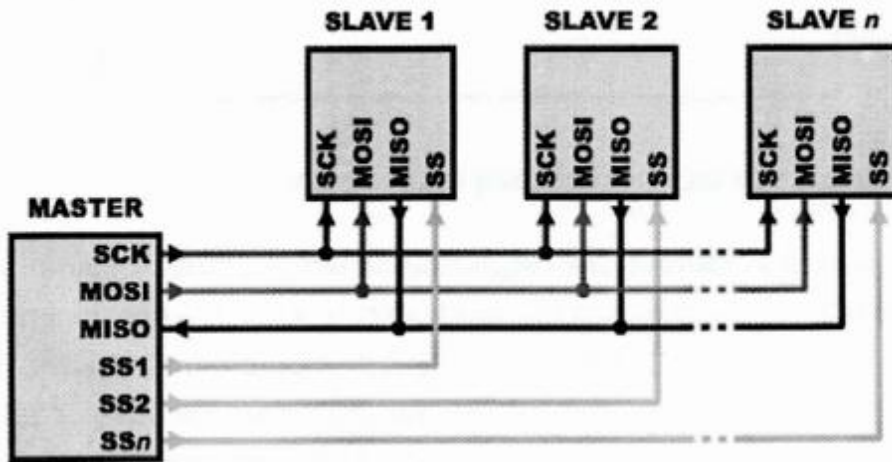
(sumber: <http://notes.opikdesign.com>)

Ada sinyal lain selain start dan stop pada I2C, sinyal itu adalah Acknowledge Bit (ACK). Sinyal ACK ini merupakan penanda bahwa alamat dan data telah berhasil dikirim. Kebalikan dari sinyal ACK adalah Not Acknowledge Bit (NACK). NACK NACK umumnya digunakan oleh penerima untuk menunjukkan apakah kesalahan terjadi di suatu tempat dalam mentransmisikan data. Ini digunakan untuk memberi sinyal ke perangkat pemancar untuk segera menghentikan transmisi atau melakukan upaya lain dengan mengirimkan Repeat Start. Untuk memahani lebih jelas, saya sarankan para pembaca untuk mampir ke <http://notes.opikdesign.com>.

1.7.2 SPI

Sama halnya dengan I2C, SPI juga merupakan antarmuka komunikasi digital secara sinkron. Ini berarti membutuhkan jalur sinkronisasi waktu pada saat mengirim data. SPI punya 2 jalur data yang biasa dikenal dengan master out-serial in (MOSI)

dan master in-serial out (MISO). Selain itu SPI juga memiliki Serial Clock (SCK) dan Slave Select (SS) seperti yang terlihat pada gambar 1.24.



Gambar 1.24. Ilustrasi komunikasi menggunakan SPI

Seperti yang terlihat pada gambar 1.24, SPI hanya mengizinkan 1 master namun bisa mengakses n-slave. Pada SPI, MOSI merupakan bus tranWSNisi data dari master ke slave berdasarkan pin SS yang ditentukan sebelumnya. ini berarti hanya da satu slave yang dapat di akses dalam satu waktu. sedangkan MISO merupakan bus tranWSNisi data dari slave ke master. Komunikasi data hanya bisa dilakukan oleh MASTER-SLAVE saja, sedangkan komunikasi SLAVE-SLAVE tidak diperbolehkan. Agar lebih memahami SPI, saya anjurkan untuk singgah ke website www.teachmesoft.com. Pin SPI pada Arduino adalah D13 untuk SCK, D12 untuk MISO, D11 untuk MOSI dan biasanya menggunakan D10 untuk SS.

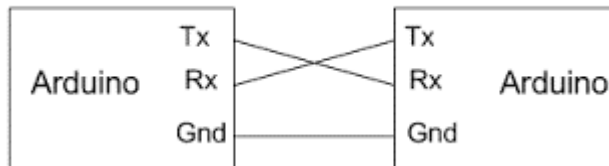
1.7.3 Serial

Antarmuka Serial dapat dipahami sebagai bentuk komunikasi dari dan ke mikrokontroler dengan pengiriman data secara berurutan atau bit per bit. Dengan serial, sebuah mikrokontroler dapat mengolah data dari input atau output serta mendukung komunikasi dua arah dengan computer untuk menampilkan hasil pengolahan data.

Pada Arduino, komunikasi sebuah PC dengan Arduino dapat dilakukan dengan menggunakan port UART atau USART. Selain itu, komunikasi serial juga bisa menggunakan akses pin RX dan TX pada Arduino. Biasanya pin RX di Arduino adalah Pin 0 dan pin TX adalah Pin 1.

Ada satu istilah yang perlu diketahui pada Serial yaitu baudrate. Baudrate dapat diartikan sebagai kecepatan pengiriman data dalam bit persatuan detik atau bit per

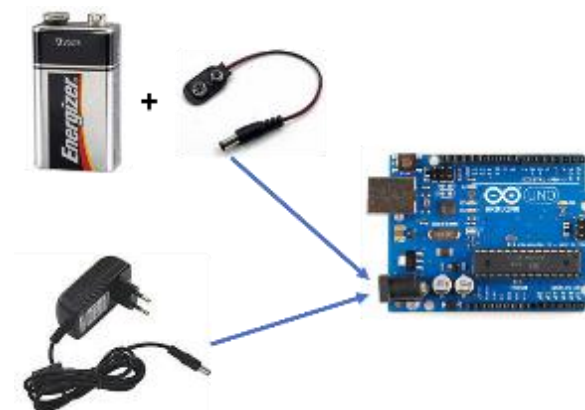
second (bps). Pada Arduino ada beberapa pilihan baudrate antara lain: 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, dan 115200. Biasanya komunikasi Serial digunakan untuk menghubungkan dua buah Arduino seperti yang terlihat pada gambar 1.25.



Gambar 1.25 Cara menghubungkan dua buah Arduino menggunakan Serial

1.8 Power supply

Dalam sistem instrumentasi, power supply atau juga dikenal sebagai sumber tegangan dapat berasal dari listrik PLN dan sumber mandiri seperti baterai maupun AKI. Umumnya rangkaian mikrokontroler membutuhkan tegangan operasional dari 3,3 volt hingga 5 Volt. Ketika sumber tegangannya berupa listrik PLN, anda membutuhkan sebuah adaptor yang mengubah sinyal AC menjadi DC sebelum masuk ke sistem instrumentasi. Kelebihan sumber tegangan dari PLN ini adalah energinya tidak terbatas. Ini seperti perangkat elektronik rumah tangga lainnya.

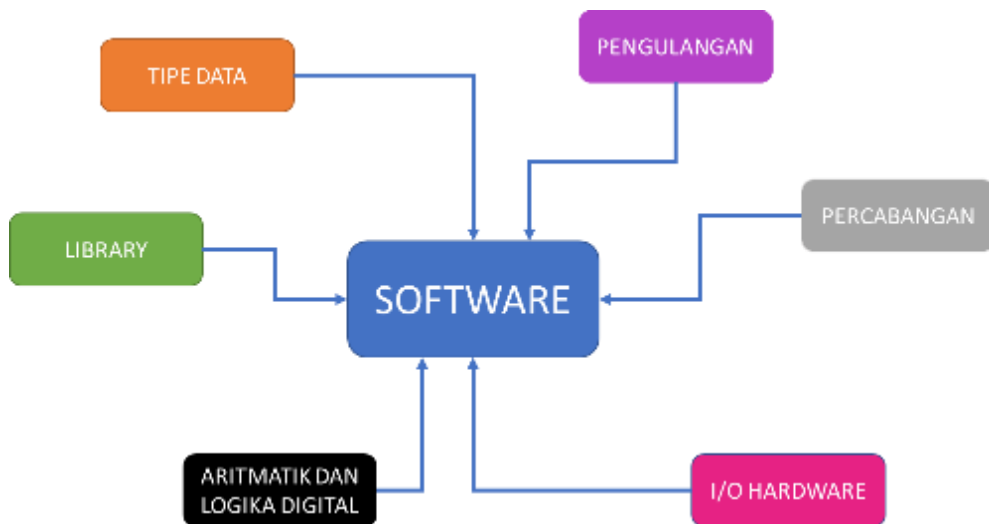


Gambar 1.26 Pengkabelan Arduino dengan power supply

Gambar 1.26 memperlihatkan cara pencatuan Arduino menggunakan adaptor dan baterai. Cara seperti ini adalah cara yang sering digunakan bagi pengembang karena sederhana dan aman. Selain input power dari port DC jack, pencatuan Arduino juga bisa dilakukan via port USB dan juga menggunakan port Vin dan Ground.

1.9 Dasar Perangkat Lunak Sistem Instrumentasi

Software yang dimaksud pada bagian ini adalah pemrograman menggunakan Arduino IDE. Seperti yang telah disebutkan sedikit dibagian hardware Arduino, Arduino IDE merupakan bahas pemrogram yang luar biasa mempermudah para pemula mengenal lebih cepat terhadap Arduino secara khusus dan sistem instrumentasi secara umum. Sedikit cerita, dahulunya ketika saya membuat sistem instrumentasi menggunakan Bahasa C dan assembly, pengalamat port mikrokontroler, logika dan komunikasi hardware dan data membutuhkan waktu yang cukup Panjang. Namun ketika saya beralih menggunakan Arduino dengan pemrograman Arduino IDE, pekerjaan saya sebelumnya bisa diselesaikan dalam hitungan jam bahkan menit. Jika sebelumnya saya membangun sistem control berdasarkan jarak membutuhkan waktu penyelesaian selama 6 bulan, saat menggunakan Arduino saya hanya menghabiskan waktu 15 menit untuk mendapatkan hasil yang sama.



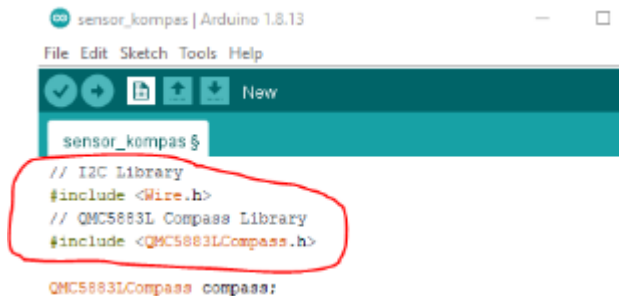
Gambar 1.27 Bagian-bagian penting Bahasa pemrograman Arduino

Pada gambar 1.27 diperlihatkan bagian-bagian dari Bahasa pemrograman Arduino yang penting dipahami para pembaca sebagai pengembang sistem instrumentasi. Bagian-bagian tersebut antara lain Library, tipe data, pengulangan, percabangan, I/O Hardware dan Aritmatik dan Logika digital. Agar lebih memahami akan dijelaskan satu-persatu.

1.10 Library

Library disini dapat diartikan sebagai program atau kumpulan yang telah dibangun sebelumnya dan dapat dipanggil sebagian atau seluruhnya untuk membantu program-program lain yang berjalan dibawahnya. Library biasanya terdapat paling

atas. Dalam Arduino IDE untuk memanggil library yang sudah ada ke sebuah program yaitu dengan cara” #include <.....nama library.h...> seperti yang terlihat pada gambar 1.28.



```
sensor_kompas | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
sensor_kompas $
// I2C Library
#include <Wire.h>
// QMC5883L Compass Library
#include <QMC5883LCompass.h>

QMC5883LCompass compass:
```

Gambar 1.28 Posisi library pada sebuah program

Lalu, bagaimana jika kita membutuhkan sebuah library baru yang tidak tersedia di Arduino IDE kita?

Setidaknya ada dua cara untuk menambahkan library dalam Arduino IDE.

1. Pertama dengan penelusuran mesin penelusuran.
library yang telah di download berbentuk file selanjutnya ditambahkan ke Arduino IDE dengan cara: Skecth →add file.. → cari tempat penyimpanan file library tadi kemudian tambahkan. Jika library yang di download berbentuk zip maka kita dapat menambahkan dengan cara Skecth →include library → add Zip Libraries..
2. Menambahkan langsung dari Arduino IDE.
Arduino IDE juga memiliki cara otomatis pencarian library secara langsung tanpa harus menelusuri menggunakan mesin penelusuran. Cara yang dapat digunakan yaitu Skecth →include library →Manage Libraris.. kemudian cari berdasarkan nama → install.

1.11 Tipe data

Tipe data dalam Bahasa pemrograman yang ada umumnya sama yaitu angka, huruf, Kata atau kalimat. Angka biasanya menggunakan istilah integer (int), Huruf menggunakan char, kata atau kalimat dapat menggunakan String. Selain ketiga jenis tadi ada juga Boolean yaitu tipe data yang hanya mengenal benar atau salah (true or false). Tipe-tipe data diatas adalah tipe-tipe umum dalam pemrograman. Ada banyak jenis yang berfungsi sama namun memiliki jarak atau panjang (range) yang berbeda. Salah satu contoh adalah byte untuk menggantikan int namun range lebih kecil, long untuk menggantikan int dengan range lebih Panjang. Untuk memahami tipe data pad Arduino IDE saya sarankan anda membaca

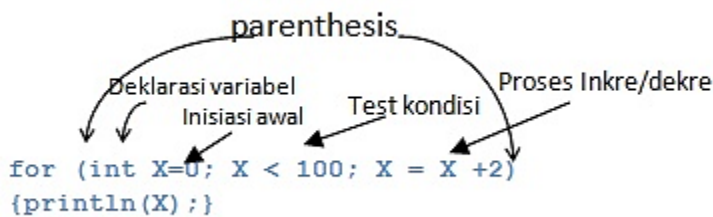
<https://www.webagus.id/2019/05/tipe-data-pada-arduino.html>. Penggunaan tipe data akan mempengaruhi proses penerimaan data, cara pengolahan dan cara menampilkan data. Ketika data angka dibaca sebagai huruf, ketika ditampilkan hasilnya tidak ada.

1.12 Pengulangan

Dalam Arduino IDE ada tiga jenis pengulangan yang dapat digunakan yaitu for, while dan do-while. Pernyataan “for” digunakan untuk mengulang suatu blok program yang terdapat di dalam kurung kurawal setelah pernyataan “for”. Format penulisan pernyataan “for” dan penjelasannya dapat dilihat pada gambar 1.29 di bawah ini.

```
for (inisiasi; test kondisi; proses inkremental/dekremental)
{pernyataan yang akan diulang;}
```

Penjelasan:



Gambar 1.29 Pernyataan for
(sumber : djukarna4arduino.wordpress.com)

Untuk memahami lebih jelas mengenai pengulangan, anda dapat membaca link berikut ini <https://djukarna4arduino.wordpress.com> dan juga learningoftechnology.blogspot.com.

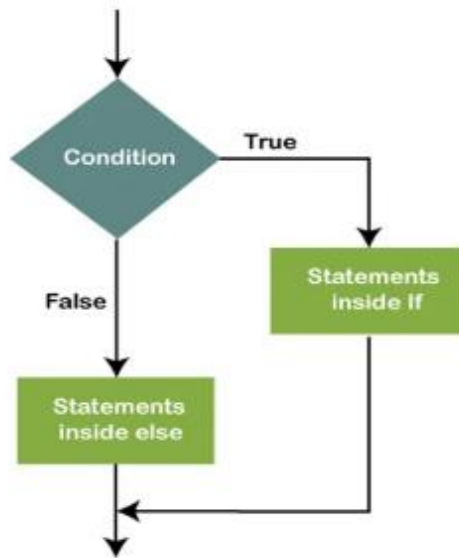
1.13 Percabangan

Percabangan dapat dipahami sebagai sebuah bentuk perintah atau pernyataan yang akan dilaksanakan jika suatu kondisi terpenuhi. Baik dalam ilmu computer maupun elektronika, percabangan ini biasanya berfungsi untuk menentukan langkah kerja suatu system. Percabangan menggunakan operator kondisional yang akan menghasilkan nilai Boolean (benar/true atau salah/false). Jika nilai yang dihasilkan benar, maka perintah (instruksi) akan dilaksanakan, sedangkan jika salah, maka instruksi tidak akan dilaksanakan atau melaksanakan instruksi lainnya.

Dalam Arduino IDE percabangan ini terdiri dari “ifelse...” dan “Switch Case” yang masing masing penjelasannya dapat dilihat dibawah:

1.13.1 if ...else

If ... else adalah bentuk percabangan yang paling sering digunakan untuk percabangan sederhana. Percabangan ini biasanya terdiri dari 1 atau 2 pernyataan yang akan dipikilih jika kondisi terpenuhi. Namun tak jarang digunakan untuk percabangan yang bertingkat tinggi. Logika berfikir if ... else dapat dilihat pada gambar 1. 29.



Gambar 1.30 logika berfikir if ...else

Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/pernyataan-if>

Logika percabangan ini adalah if (kondisi) statement_A else statement_B. ini berarti statement_A dijalankan apabila kondisi bernilai benar (true) dan statement_B jika kondisi bernilai salah (false). Logika ini bias diperbesar untuk kondisi benar dengan beberapa statement dan salah juga dengan beberapa statement seperti yang terlihat pada contoh logika dibawah ini.

```

if (kondisi)
{
    statement_A1
    statement_A2
    statement_A3
}
else
{
    statement_B1
    statement_B2
    statement_B3
}

```

Gambar 1.31 Logika If ..else lainnya

Logika if ... else juga dapat dibangun bertingkat banyak seperti contoh program seperti bawah ini

```

if (bilangan == 0)
    digitalWrite (LED_MERAH, HIGH);
else
    if (bilangan == 1)
        digitalWrite (LED_HIJAU, HIGH);
    else
        digitalWrite (LED_MERAH, HIGH);

```

program ini dapat dipahami yaitu ketika kondisi bilangan bernilai 0 maka Arduino memerintahkan menghidupkan led merah, jika bilangan bernilai 1 maka Arduino menghidupkan led hijau, namun jika kedua-dua kondisi tidak memenuhi maka hidupkan led merah.

Dalam membangun logika percabangan ada beberapa tanda hubungan atau operator yang digunakan seperti yang terlihat pada gambar 1.32 dibawah ini.

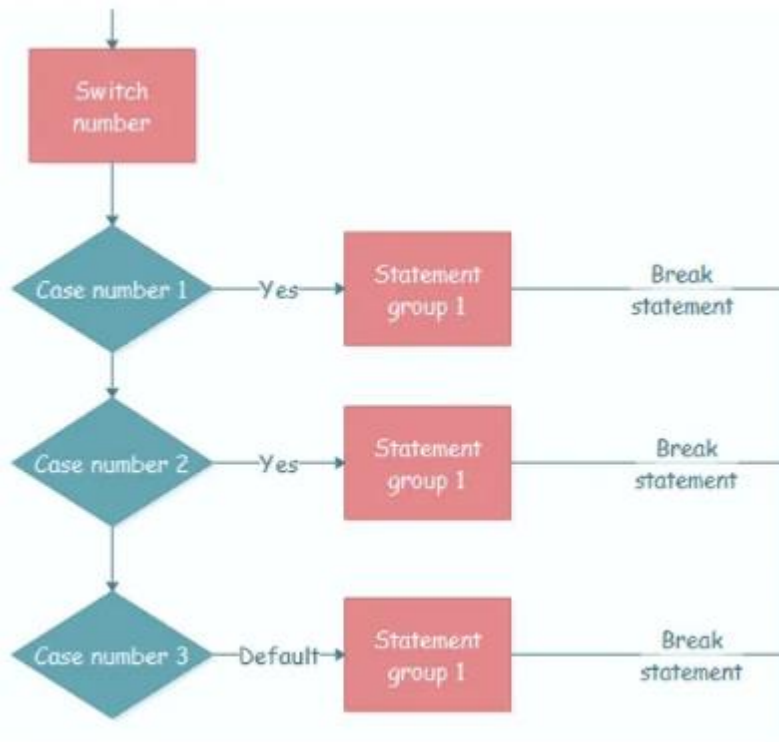
Operator	Keterangan	Contoh
==	"Sama dengan"	1 == 1 → Benar 1 == 10 → Salah
!=	"Tidak sama dengan"	1 != 1 → Salah 1 != 10 → Benar
>	"Lebih dari"	3 > 2 → Benar 2 > 3 → Salah
>=	"Lebih dari atau sama dengan"	3 >= 3 → Benar 3 >= 2 → Benar 2 >= 3 → Salah
<	"Kurang dari"	2 < 3 → Benar 4 < 3 → Salah
<=	"Kurang dari atau sama dengan"	2 <= 2 → Benar 2 <= 3 → Benar 2 <= 1 → Salah

Gambar 1.32 operator percabangan

Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/pernyataan-if>

1.13.2 Switch Case

Percabangan dengan logika Switch Case biasanya digunakan untuk logika percabangan bertingkat tinggi. Walaupun logika seperti ini dapat menggunakan if ... else bertingkat, namun secara kesederhanaan penulisan pemrograman switch case dapat menjadi alternative. Logika switch case dapat dipahami seperti gambar 1.33 dibawah ini.



Gambar 1.33 logika percabangan menggunakan switch case

Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/pernyataan-if>

Untuk lebih memahami logika percabangan dapat membaca link <https://www.nyebarilmu.com/pernyataan-if-dalam-programming-arduino-dan-contoh-project/>.

1.14 Aritmatik dan Logika digital

Seperti halnya computer, Arduino atau mikrokontroler juga dapat memproses sebuah perhitungan dan juga logika digital untuk melakukan sebuah proses atau fungsi tertentu. Salah satu contoh perhitungan yang sering dilakukan adalah untuk mengkonversi nilai sensor. Perintah atau syntax pada Arduino IDE untuk aritmatika dan logika digital yaitu:

Operator Aritmatika

- Operator Penugasan (Assignment Operator) (=) berfungsi untuk menyimpan nilai yang ada di sebelah kanan tanda sama dengan dalam variabel yang ada di sebelah kiri tanda sama dengan.
- Penjumlahan (addition) (+) berfungsi menjumlahkan beberapa operan

- Pengurangan (subtraction) (-) berfungsi untuk mengurangkan operan pertama dengan operan kedua
- Perkalian (multiplication) (*) berfungsi untuk mengalikan operan
- Pembagian (division) (/) berfungsi untuk membagi pembilang dengan penyebut
- Sisa Hasil bagi (modulo) (%) berfungsi menghasilkan sisa dari hasil bagi

Contoh program menggunakan aritmatik:

```
void loop () {
    int a = 10,b = 5,c;
    c = a + b;
    c = a - b;
    c = a * b;
    c = a / b;
    c = a % b;
}
```

Operator Boolean (Boolean Operator)

- AND (&&), disebut juga sebagai operator logika AND. Jika kedua operan bernilai tidak nol maka kondisi THEN menjadi benar (true).
- OR (||), disebut juga sebagai operator logika OR. Jika ada dari kedua operan bernilai tidak nol maka kondisi THEN menjadi benar (true).
- NOT (!), disebut juga sebagai operator logika NOT. Digunakan untuk membalik keadaan logika dari operan. Jika kondisi bernilai benar (true) maka operator logika NOT akan membuatnya menjadi salah (false).

Operator Bitwise

- AND (&) berfungsi mengkonversi nilai operan desimal menjadi bentuk biner kemudian melakukan operasi logika AND pada bentuk biner tersebut, dan mengembalikan hasilnya dalam bentuk desimal.
- OR (|) berfungsi untuk mengkonversi nilai operan desimal menjadi bentuk biner kemudian melakukan operasi logika OR pada bentuk biner tersebut, dan mengembalikan hasilnya dalam bentuk desimal.
- XOR (^) berfungsi untuk mengkonversi nilai operan desimal menjadi bentuk biner kemudian melakukan operasi logika XOR pada bentuk biner tersebut, dan mengembalikan hasilnya dalam bentuk desimal.

- NOT (\sim) bersifat unary yang akan membalikkan nilai di dalam bentuk bilangan biner. Operator ini akan mengubah bilangan desimal menjadi bilangan biner lalu membalikkan nilai dari bit ke bit (angka ke angka), jika bit tersebut memiliki nilai 1 (true) maka akan dibalik menjadi 0 (false) begitu pula sebaliknya. setelah operasi selesai maka hasil akhir akan di kembalikan ke bentuk bilangan desimal.
- SHIFT LEFT (\ll) menggeser nilai dalam bentuk bilangan biner ke kiri. Operator ini akan mengubah bilangan desimal menjadi bilangan biner lalu menggeser angka dari bilangan biner tersebut ke kiri dan setelah itu akan mengubahnya kembali ke bilangan desimal.
- SHIFT RIGHT (\gg) menggeser nilai dalam bentuk bilangan biner ke kanan. Operator ini akan mengubah bilangan desimal menjadi bilangan biner setelah itu menggeser angka dari dari bilangan biner tersebut ke kanan dan pada akhirnya akan mengubahnya kembali ke bilangan desimal.

1.15 Rangkaian alat ukur suhu dan kelembaban disertai control kipas

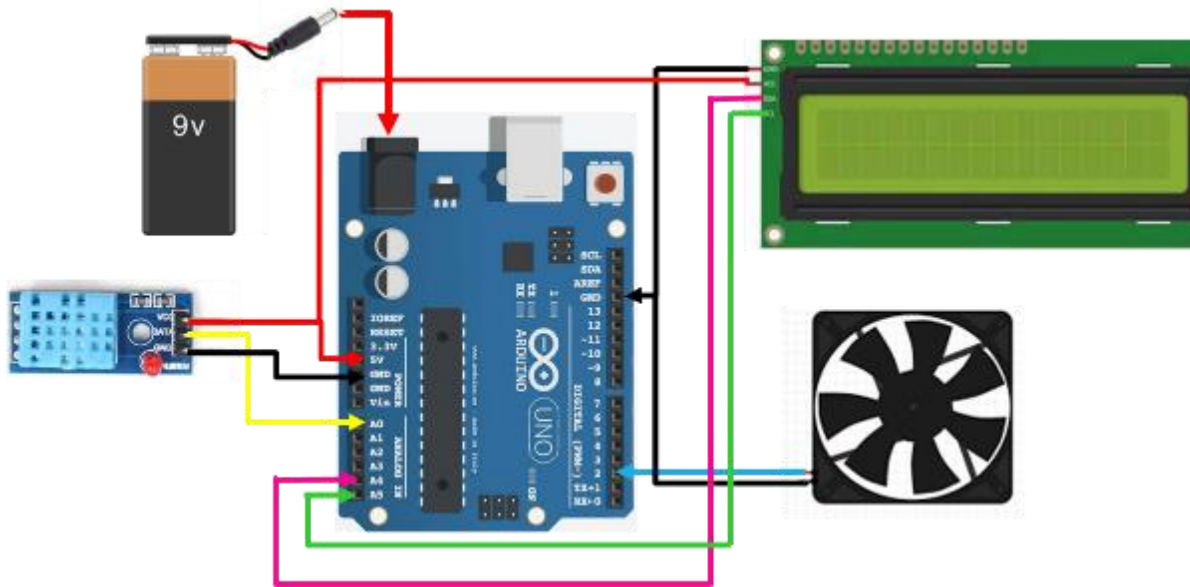
Pada bagian ini dijelaskan contoh pengaplikasian system instrumentasi untuk projek sederhana. System ini biasanya digunakan untuk pemantauan dan otomatisasi lingkungan seperti untuk rumah kaca pertanian, perkantoran dan lain sebagainya. System ini akan dijelaskan secara rinci mulai dari komponen, rancangan perangkat keras dan lunak seperti dibawah ini.

1.15.1 Komponen

Komponen yang perlu dipersiapkan untuk rangkaian alat ukur suhu dan kelembaban disertai control kipas antara lain:

- Arduino Uno
- Sensor suhu dan kelembabab DHT11
- LCD I2C
- Kipas kecil
- Beberapa jumper

1.15.2 Rancangan Perangkat Keras



Gambar 1.34 rangkaian perangkat keras

Keterangan gambar:

- Baterai ke pin input power Arduino
- Pin VCC sensor DHT11 ke 5 V Arduino
- Pin GND sensor DHT11 ke GND Arduino
- Pin Data sensor DHT11 ke pin A0 Arduino
- Pin VCC kipas ke pin 2 (digital) Arduino
- Pin GND kipas ke GND Arduino
- Pin VCC LCD ke 5 V Arduino
- Pin GND LCD ke GND Arduino
- Pin SDA LCD ke A4 Arduino
- Pin SCL LCD ke A5 Arduino

1.15.3 Rancangan Perangkat Lunak

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h>

int kipas = 2;

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
DHT dht(A0, DHT11); //Pin, Jenis DHT

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  dht.begin();
  pinMode(kipas, OUTPUT);
  delay(1000);
}
void loop() {
  float kelembaban = dht.readHumidity();
  float suhu = dht.readTemperature();
  Serial.println(suhu);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("suhu =");
  lcd.print(suhu);
  Serial.println("kelembaban=");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("kelembaban=");
  lcd.print(kelembaban);

  if (suhu>30.00 ){
    digitalWrite(kipas, HIGH);
  }
  else{
    digitalWrite(kipas, LOW);
  }
  delay(1000);
}

```

1.15.4 Pembahasan

Rangkaian alat ukur suhu dan kelembaban disertai control kipas adalah proyek sederhana yang sering dibangun para pemula. Pada desain rangkaian di atas adalah rangkang bangun yang telah diselesaikan oleh penulis sebelumnya. Untuk lebih memahami maksud dari setiap baris program rangkaian diatas dapat dilihat dibawah ini:

- #include
Pada bagian ini, program akan menambahkan program lain yang sengaja dimasukkan yaitu library untuk LCD dan sensor DHT. Program-program ini dapat diambil dari library-library dasar di Arduino software.
- Int kipas = 2;
Ini berarti I/O dari kipas dihubungkan dengan Arduino pada pin digital 2.
- liqidCrystal_I2C

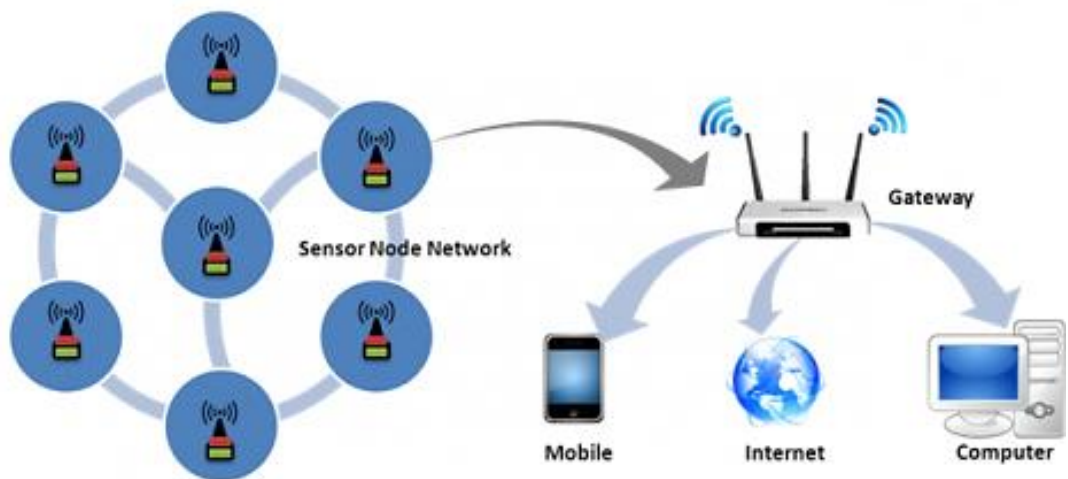
ini berarti LCD dihubungkan dengan Arduino dengan antarmuka I2C. Adapun yang didalam kurang dapat disesuaikan dengan jenis LCD yang dipakai. Untuk rangkaian diatas kita pakai LCD 16 x 2

- DHT dht (A0, DHT11)
Ini adalah instruksi menghubungkan sensor DHT11 yang digunakan dengan Arduino di pin analog 0 (A0)
- Void setup()
Void setup berfungsi untuk membuat semua intruksi didalam bagian ini aktif untuk pertama kalinya. Pada contoh program ada 5 baris yaitu serial begin untuk menghidupkan program serial di Arduino untuk dapat menampilkan hasil program selanjutnya, lcd begin untuk menghidupkan program lcd, dht begin untuk menghidupkan sensor dht, pinMode (kipas, Output) adalah untuk memerintahkan Arduino menempatkan kipas sebagai sinyal output. Ini berarti kipas dapat hidup atau mati sesuai perintah Arduino dan terakhir delay (1000) berarti setelah keempat baris diatas dijalankan Arduino akan memberikan waktu jeda selama 1000 mikro detik atau 1 detik.
- void loop()
void loop berfungsi untuk menjalankan intruksi-intruksi yang berulang di Arduino. Bagian ini biasanya adalah bagian terbanyak mengandung intruksi di pemrograman.
Float kelembaban = dht.readHumidity() adalah perintah untuk membuat suatu wadah dengan tipe data Float yang akan diisi dengan nilai kelembaban yang tercatat di sensor
Serial.println() berfungsi untuk menampilkan suatu nilai di papan serial arduino atau biasa di sebut serial monitor
Lcd.setCursor(0,1) ini berarti setiap tulisan atau karakter pertama yang ditampilkan di LCD akan dimulai pada baris pertama LCD
If (suhu>30.00) ini adalah program percabangan yang sengaja dibuat sebagai control. Pada program, kpas akan hidup jika suhu bernilai besar dari 30 derajat Celsius dan akan mati jika suhu dibawah 30 derajat Celsius.

Wireless Sensor Network (WSN)

2.1 Dasar WSN

Wireless sensor network (WSN) yang dalam Bahasa Indonesia diartikan Jaringan sensor nirkabel adalah jaringan dari sensor-sensor kecil yang saling terhubung tanpa menggunakan kabel fisik. Sensor-sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi berbagai parameter lingkungan, seperti suhu, kelembaban, tekanan, cahaya, suara, gerakan, dan banyak lagi, tergantung pada jenis aplikasi dan sensor yang digunakan. WSN bertujuan untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan menganalisis data dari lingkungan sekitarnya secara real-time atau dalam interval waktu tertentu. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini kemudian dapat digunakan untuk tujuan pemantauan, pengendalian, pemrosesan informasi, dan pengambilan keputusan³.



Gambar 2.1 arsitektur WSN

Karakteristik utama dari Wireless Sensor Network adalah:

- **Sensor-Sensor Kecil dan Hemat Energi:** Sensor-sensor dalam WSN umumnya memiliki ukuran fisik yang kecil dan menggunakan daya yang sangat rendah. Hal ini penting untuk memungkinkan sensor-sensor ini beroperasi dalam jangka waktu yang lama tanpa perlu sering ganti baterai.
- **Komunikasi Nirkabel:** Sensor-sensor dalam WSN berkomunikasi secara nirkabel, biasanya melalui teknologi seperti radio frekuensi (RF) atau inframerah. Ini memungkinkan data untuk dikirimkan antara sensor-sensor dan ke node koordinasi atau sink node.

³ Rifki Muhendra, "Jaringan Sensor Nirkabel: Studi Dan Evaluasi Kinerja LoRa Transmitter Dan Long Range Radio Frekuensi (RF) Pada Luar Ruang," *Jurnal Jaring SainTek* 3, no. 1 (2021).

- Node Koordinasi atau Sink Node: WSN biasanya memiliki satu atau beberapa node koordinasi atau sink node yang berfungsi sebagai pusat pengumpulan data. Node ini mengumpulkan data dari sensor-sensor individu dan dapat mentransmisikan data ke jaringan yang lebih besar atau sistem pengolahan data.
- Desain Topologi Fleksibel: WSN dapat memiliki berbagai desain topologi, seperti topologi star, mesh, atau tree, tergantung pada kebutuhan aplikasi dan kondisi lingkungan di mana sensor-sensor ditempatkan.
- Aplikasi yang Beragam: WSN digunakan dalam berbagai bidang, termasuk pemantauan lingkungan, pemantauan kesehatan, pertanian presisi, pemantauan infrastruktur, dan banyak lagi. Contohnya, dalam pemantauan lingkungan, WSN dapat digunakan untuk memantau kualitas udara, suhu air, dan kebakaran hutan.
- Tantangan Energi dan Keamanan: Salah satu tantangan utama dalam WSN adalah pengelolaan daya yang efisien untuk memastikan sensor-sensor dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama. Keamanan juga menjadi perhatian, karena data yang dikirimkan oleh sensor-sensor dapat sensitif dan perlu dilindungi dari akses yang tidak sah.

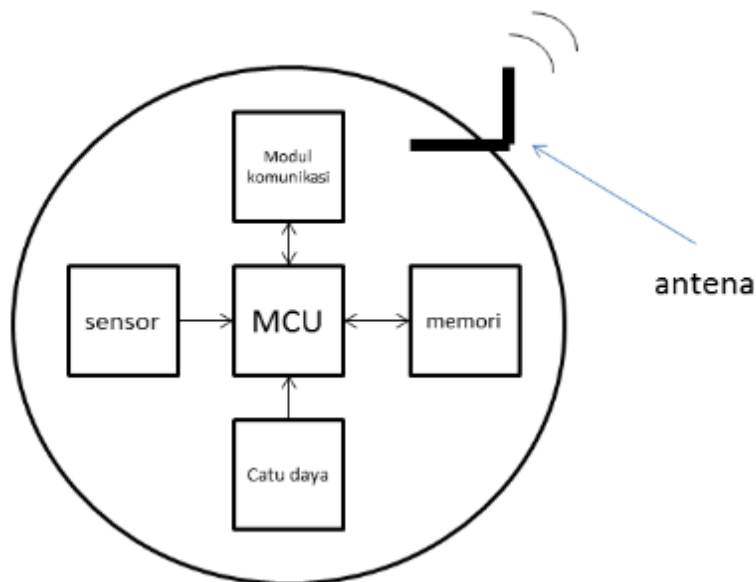
Dengan kemajuan teknologi komunikasi nirkabel dan sensor, Wireless Sensor Network terus berkembang dan digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mendukung pengumpulan data dan pemantauan lingkungan secara efisien.

2.1.1 Arsitektur Wireless Sensor Network (WSN)

Dalam WSN terdapat komponen yang harus ada antara lain:

1. Node Sensor

Node sensor dalam WSN adalah unit dasar yang terdiri dari sensor fisik, komponen nirkabel, dan modul pengolahan data. Node sensor bertugas untuk mendeteksi parameter lingkungan tertentu, mengumpulkan data, dan mengirimkan data tersebut ke node koordinasi atau sink node dalam jaringan. Sebuah node sensor umumnya terdiri dari beberapa komponen: Sensor, unit Pemrosesan, Transmitter Nirkabel, Baterai atau Sumber Daya Energi, Antarmuka Komunikasi dan Memori. Node sensor dalam WSN dapat beroperasi secara mandiri atau dalam kelompok. Data yang dikumpulkan oleh node-node ini kemudian akan digunakan untuk analisis, pemantauan, pengambilan keputusan, atau aplikasi lainnya yang sesuai dengan tujuan dari jaringan WSN tersebut.



Gambar 2.2 Komponen- Komponen Penyusun Node dalam WSN

2. Gateway

Gateway pada Wireless Sensor Network (WSN) adalah perangkat yang berfungsi sebagai penghubung antara jaringan sensor nirkabel dan jaringan yang lebih besar atau infrastruktur komunikasi. Gateway bertindak sebagai perantara untuk mentransfer data antara node-node sensor dalam WSN dan jaringan eksternal, seperti internet atau jaringan lokal.

Fungsi dan peran gateway dalam WSN meliputi:

- **Konektivitas Antar-Jaringan:** Gateway menghubungkan jaringan sensor nirkabel yang terdiri dari node-node sensor dengan jaringan eksternal yang lebih luas, seperti internet. Ini memungkinkan data yang dikumpulkan oleh node sensor dapat diakses, dipantau, dan dianalisis dari luar jaringan sensor.
- **Pemrosesan Data:** Gateway juga dapat melakukan pemrosesan data lebih lanjut sebelum mengirimkan data tersebut ke jaringan eksternal. Ini membantu mengurangi jumlah data yang perlu dikirimkan melalui jaringan, sehingga menghemat bandwidth dan energi.
- **Konversi Protokol:** Node sensor dalam WSN umumnya menggunakan protokol komunikasi yang berbeda dengan jaringan eksternal. Gateway memiliki kemampuan untuk mengonversi data dari protokol sensor menjadi format yang kompatibel dengan protokol jaringan eksternal.

- **Aggregasi Data:** Jika ada banyak node sensor dalam jaringan, gateway dapat mengumpulkan data dari berbagai node dan menggabungkannya menjadi satu paket data yang lebih besar sebelum dikirimkan ke jaringan eksternal. Ini membantu mengoptimalkan penggunaan bandwidth.
- **Pengamanan dan Keamanan:** Gateway juga dapat berfungsi sebagai titik kontrol untuk mengamankan akses ke jaringan sensor dan data yang dikumpulkan. Ini termasuk mengotentikasi node-node sensor yang ingin berkomunikasi dengan jaringan eksternal.
- **Manajemen Jaringan:** Gateway dapat membantu dalam manajemen jaringan sensor, seperti pemantauan status node, perawatan, dan pembaruan perangkat lunak.

Dalam beberapa kasus, gateway dapat berupa perangkat fisik yang terpisah yang terhubung ke jaringan sensor dan jaringan eksternal. Namun, dalam lingkungan Internet of Things (IoT), konsep gateway juga dapat diterapkan dalam bentuk perangkat lunak atau wakil perangkat keras yang berjalan pada perangkat yang lebih luas, seperti router atau server. Dengan adanya gateway, WSN dapat dihubungkan dengan sistem yang lebih besar dan kompleks, memungkinkan data dari sensor-sensor tersebut berkontribusi pada pemantauan dan analisis yang lebih luas.

2.2 Topologi Jaringan

Topologi jaringan adalah pengaturan elemen (node, WSN dan lainnya) dari jaringan komunikasi⁴. Topologi jaringan juga biasa diartikan sebagai sebuah struktur jaringan secara fisik atau logis. Struktur fisik merupakan penempatan berbagai komponen jaringan (misalnya, lokasi perangkat dan pemasangan kabel), sedangkan struktur logis menggambarkan bagaimana data mengalir dalam suatu jaringan. Dalam dua buah jaringan yang memiliki topologi yang sama dimungkinkan adanya perbedaan jarak antara node, interkoneksi fisik, tingkat tranWSNisi dan jenis sinyal. Topologi jaringan dapat digunakan untuk mendefinisikan atau menjelaskan pengaturan berbagai jenis jaringan telekomunikasi, termasuk komando dan control sebuah jaringan baik kabel maupun nirkabel.

Beberapa jenis-jenis topologi telah dikenal secara umum, antara lain bintang, bus, cincin, pohon dan mesh. Dibawah ini akan dijelaskan masing-masing jenis topologi tersebut lebih terperinci.

Bintang (star)

Jenis topologi ini sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk jaringan local seperti di perkantoran, sekolah dan warung internet. Topologi ini biasanya terdiri

⁴ Paolo Santi, "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks," *ACM Computing Surveys* (2005).

dari satu terminal atau sering disebut hub dan beberapa node. Setiap node terhubung secara satu-satu (point to point) dengan hub seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Apabila salah satu node akan berhubungan dengan node lain, aliran data akan melalui hub terlebih dahulu sebelum diterima oleh node tujuan.

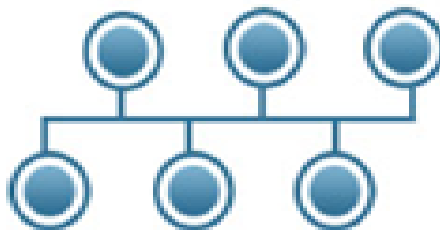
Jenis topologi ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah diperluas tanpa gangguan ke jaringan, kegagalan interkoneksi node hanya mempengaruhi node yang bersangkutan dan mudah untuk memecahkan dan mengisolasi masalah. Namun topologi bintang juga memiliki kelemahan, seperti jaringannya sangat bergantung pada hub, yang artinya jika terjadi masalah atau kerusakan pada hub, maka seluruh node akan mengalami gangguan.



Gambar 2.3 Model topologi bintang

Bus

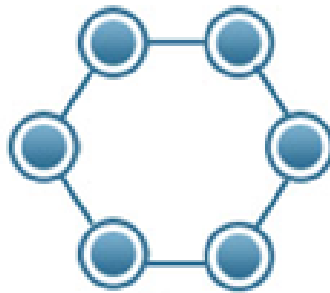
Jenis topologi ini menggunakan sebuah garis komunikasi tunggal untuk menyambungkan beberapa node seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Topologi ini merupakan jenis topologi yang paling mudah dibangun karena kesederhanaannya. Selain itu, untuk menghubungkan node baru pada jaringan, node tersebut cukup terhubung ke garis komunikasi tunggal. Akibatnya, biaya pengembangan jaringan menjadi lebih murah. Topologi Bus merupakan topologi yang populer pada masa lalu. Topologi bus memiliki beberapa kekurangan seperti arus lalu lintas pada jaringan menjadi sangat padat dan apabila garis komunikasi tunggal mengalami kerusakan, maka jaringan akan lumpuh secara keseluruhan.



Gambar 2.4 Model topologi bus

Cincin (ring)

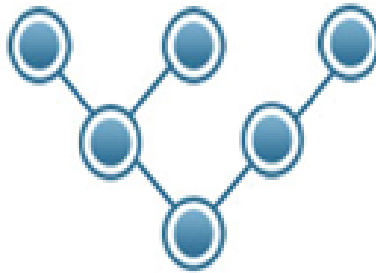
Topologi cincin merupakan jenis topologi jaringan dimana setiap node terhubung dengan node lainnya dalam suatu jalur komunikasi yang melingkar seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Pada topologi cincin arah komunikasi berlangsung dalam satu arah saja. Ini berarti, dalam setiap pengiriman data dari satu node ke node lain, data akan melewati seluruh node yang ada dalam jaringan. Akibatnya, waktu yang dibutuhkan dalam mengirimkan data menjadi lebih lama. Pengaturan waktu dalam setiap pengiriman data dalam jaringan menjadi sebuah hal yang penting untuk menghindari tabrakan dalam komunikasi. Sayangnya, apabila terjadi kerusakan pada satu node dalam jaringan, akan melumpuhkan komunikasi dalam jaringan tersebut. Topologi ini baik diterapkan dalam sistem yang membutuhkan komunikasi secara berantai.



Gambar 2.5 Model topologi cincin

Pohon (tree)

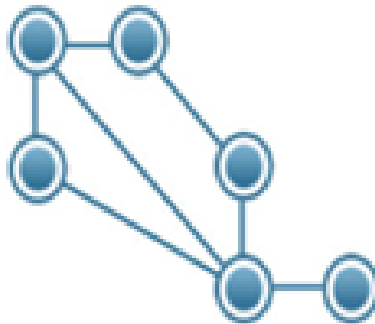
Topologi ini dibangun dari kombinasi topologi bintang dan bus seperti yang terlihat pada gambar 2.6. Pada topologi ini, sebuah node tidak selalu harus terhubung langsung pada node pusat, namun dapat melalui node perantara atau bisa disebut node router. node router ini yang selanjutnya akan membantu pengiriman data menuju node pusat. Keunggulan topologi tree adalah topologi ini cocok diterapkan untuk jaringan dengan jumlah node yang banyak. Kelemahan dari topologi ini adalah apabila salah satu node percabangan mengalami permasalahan, node-node yang berada dibawahnya akan kehilangan jalur komunikasi dengan node pusat.



Gambar 2.6. Model topologi pohon

Mesh

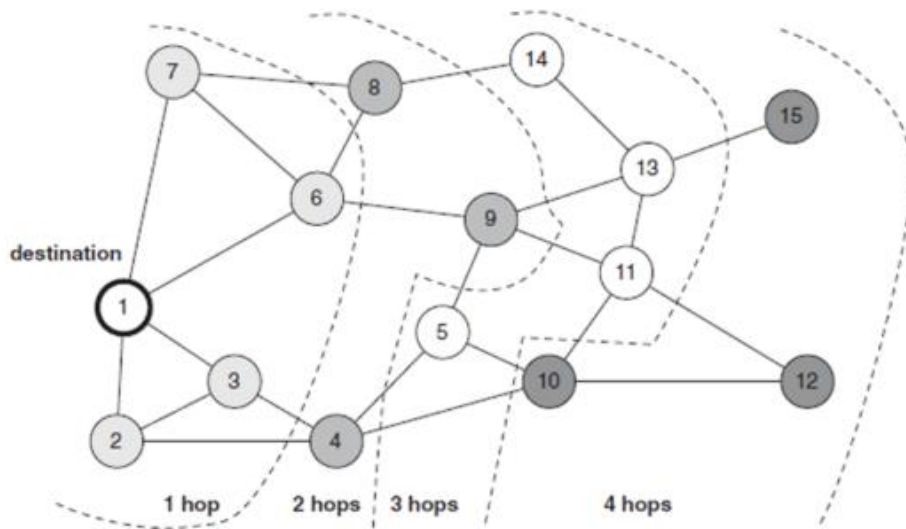
Pada topologi mesh, setiap node-node dalam jaringan terhubung satu sama lainnya secara langsung maupun melalui node perantara. Setiap node dalam jaringan dapat bekerja sebagai pengirim dan penerima data serta sebagai node perantara. Apabila salah satu node mengalami gangguan tranWSNisi, maka node-node sekitarnya tidak akan mengalami permasalahan yang sama. Node-node tersebut secara otomatis mencari jalur tranmisi yang akan melayani pengiriman data ke node tujuan. Sifat seperti ini biasa disebut sebagai auto routing.



Gambar 2.7. Model topologi mesh

Hop

Hop pada Wireless Sensor Network (WSN) merujuk pada jumlah langkah atau lompatan yang diperlukan oleh data atau pesan untuk mencapai tujuan akhirnya melalui node-node sensor yang saling berhubungan. Dalam konteks jaringan, "hop" mengukur seberapa jauh data harus melintasi dari satu node ke node lainnya sebelum mencapai tujuan akhir, seperti node koordinasi atau sink node.



Gambar 2.8 Hop-hop jaringan

Konsep hop dalam WSN berkaitan dengan perutean data, yaitu cara data dikirimkan dari node pengirim ke node penerima melalui node-node perantara. Setiap kali data bergerak dari satu node ke node berikutnya, ini dihitung sebagai satu hop. Jumlah hop dapat mempengaruhi beberapa faktor penting dalam jaringan, termasuk:

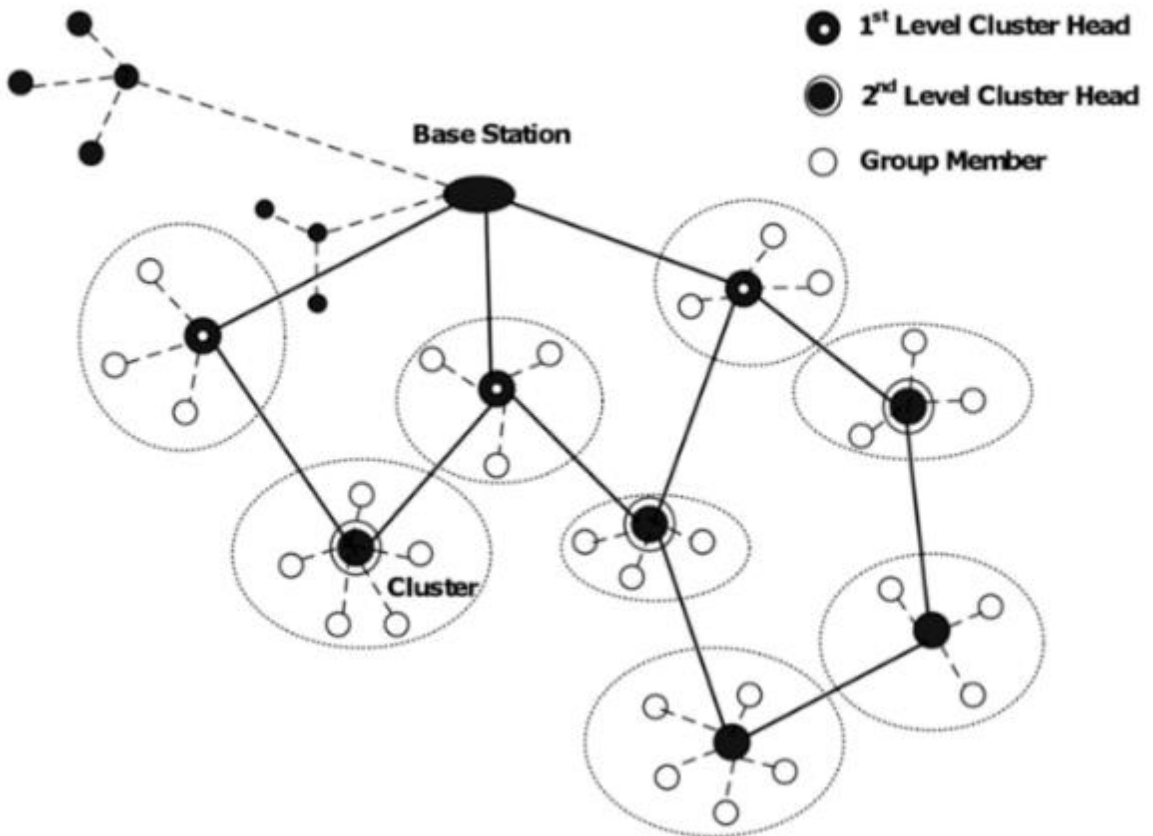
- Latensi: Semakin banyak hop yang diperlukan oleh data untuk mencapai tujuan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk data tersebut sampai ke tujuan. Ini dapat mempengaruhi waktu respons dan keterlambatan data.
- Konsumsi Energi: Setiap hop memerlukan penggunaan energi untuk mentransmisikan data dari satu node ke node lainnya. Jumlah hop yang tinggi dapat menghabiskan lebih banyak energi, terutama jika node-node perantara harus meneruskan data jarak jauh.
- Jaringan Kestabilan: Semakin banyak hop, semakin kompleks jalur data dalam jaringan. Ini dapat mempengaruhi keandalan jaringan, karena node-node perantara mungkin mengalami kegagalan atau gangguan komunikasi.
- Bandwidth: Jumlah hop juga dapat mempengaruhi penggunaan bandwidth. Data yang melalui banyak hop dapat menyebabkan lalu lintas yang lebih besar di jaringan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kinerja jaringan secara keseluruhan.

Oleh karena itu, dalam merancang dan mengelola WSN, penting untuk mempertimbangkan jumlah hop yang diperlukan oleh data dan memilih rute yang optimal untuk meminimalkan latensi, konsumsi energi, dan mempertahankan

stabilitas jaringan. Algoritma perutean yang efisien dan adaptif sering digunakan dalam WSN untuk memilih jalur terbaik dan mengelola hop dengan bijak.

Cluster jaringan

Cluster dalam Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu kelompok atau grup dari node-node sensor yang saling berdekatan dan berkolaborasi untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Konsep clustering digunakan untuk mengatur dan mengelola jaringan sensor yang luas menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil dan teratur, sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi lalu lintas jaringan, dan memudahkan pengelolaan.



Gambar 2.9. Bentuk fisik cluster jaringan

Dalam skema cluster, jaringan sensor dibagi menjadi beberapa kluster atau kelompok yang dikenal sebagai "clusters". Setiap kluster biasanya memiliki satu node sensor yang berperan sebagai "cluster head" atau "cluster head node". Cluster head memiliki tanggung jawab khusus dalam mengatur komunikasi antara node-

node dalam kluster tersebut dan berfungsi sebagai perantara antara node-node kluster dan node koordinasi atau sink node.

Beberapa tujuan dan manfaat dari penggunaan clustering dalam WSN adalah:

- Efisiensi Energi: Dalam kluster, node-node sensor dapat bekerja secara bergantian, sehingga sebagian besar node dapat berada dalam mode hemat energi (sleep mode) ketika tidak aktif. Cluster head dapat mengumpulkan data dari node-node kluster dan mengirimkannya ke sink node. Ini membantu memperpanjang umur baterai node sensor.
- Pengurangan Lalu Lintas Jaringan: Data dari node-node dalam kluster dikumpulkan dan dikirimkan ke sink node dalam bentuk agregat. Ini mengurangi jumlah data yang harus dikirim melalui jaringan, menghemat bandwidth dan energi.
- Manajemen Jaringan yang Lebih Efisien: Cluster head bertanggung jawab untuk mengatur node-node dalam kluster dan berkomunikasi dengan sink node. Ini membantu dalam manajemen dan organisasi jaringan yang lebih baik.
- Adaptabilitas Terhadap Perubahan Jaringan: Jika node sensor baru bergabung atau keluar dari jaringan, sistem kluster dapat dengan mudah beradaptasi dan mengatur ulang struktur kluster tanpa mempengaruhi seluruh jaringan.
- Peningkatan Keandalan Jaringan: Dengan adanya cluster head sebagai perantara, informasi dan data dapat diandalkan lebih baik dalam mencapai sink node, mengurangi risiko kehilangan data atau gangguan komunikasi.

Clustering adalah pendekatan yang umum digunakan dalam perancangan WSN untuk mengatasi tantangan seperti efisiensi energi, keandalan, dan manajemen jaringan. Namun, penerapan clustering juga memerlukan perhatian pada pemilihan cluster head, algoritma pemilihan rute, dan pengaturan parameter yang sesuai dengan tujuan aplikasi.

2.3 Protokol Komunikasi WSN

Protocol komunikasi dapat diartikan sebagai aturan-aturan atau standar yang mengendalikan hubungan komunikasi dan perpindahan data dalam jaringan ⁵. Protokol komunikasi biasanya berisi aturan-aturan, control dan logika-logika komunikasi. Melalui protocol komunikasi, perangkat keras (hardware) dan

⁵ H.C. Hwang, J.S. Park, and J.G. Shon, "Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT," *Wireless Personal Communications* 91, no. 4 (2016).

perangkat lunak (software) yang berbeda-beda dapat saling berkomunikasi satu dengan lainnya dan memahami pesan yang dikomunikasikan.

	OSI Layer	TCP/IP	Datagrams are called
Software	Layer 7 Application	HTTP, SMTP, IMAP, SNMP, POP3, FTP	Upper Layer Data
	Layer 6 Presentation	ASCII Characters, MPEG, SSL, TSL, Compression (Encryption & Decryption)	
	Layer 5 Session	NetBIOS, SAP, Handshaking connection	
	Layer 4 Transport	TCP, UDP	Segment
	Layer 3 Network	IPv4, IPv6, ICMP, IPsec, MPLS, ARP	Packet
Hardware	Layer 2 Data Link	Ethernet, 802.1x, PPP, ATM, Fiber Channel, MPLS, FDDI, MAC Addresses	Frame
	Layer 1 Physical	Cables, Connectors, Hubs (DLS, RS232, 10BaseT, 100BaseTX, ISDN, T1)	Bits

Gambar 2.10. Protocol komunikasi model TCI/IP dan model OSI

Ada dua jenis protocol komunikasi yang paling dikenal secara umum yaitu TranWSNission Control Protocol (TCP)/Internet Protocol (IP) dan Open System Interconnection (OSI). OSI dikembangkan pada tahun 1984, sebagai sebuah model referensi dalam bentuk kerangka konseptual yang mendefinisikan standar koneksi untuk sebuah prosesor. Tujuan dibuatnya model referensi OSI ini adalah agar menjadi rujukan untuk para vendor dan developer sehingga produk atau software yang mereka buat dapat bersifat interperate, yang berarti dapat bekerja sama dengan sistem atau produk lainnya tanpa harus melakukan upaya khusus dari si pengguna. TCP/IP biasanya digunakan untuk komunikasi internet dan jaringan computer. Adapun skema dari ke dua model protocol ini dapat dilihat pada gambar 2.10.

Hampir sebagian besar protocol komunikasi berbentuk lapisan-lapisan (layering) seperti TCP/IP dan OSI. Layering berfungsi untuk memecah kompleksitas pada suatu perangkat menjadi struktur yang lebih sederhana. Setiap layering dapat dikembangkan secara lebih mandiri tanpa kehilangan keterhubungan dengan layering di atas maupun dibawahnya.

Ada berbagai protokol komunikasi yang telah dikembangkan khusus untuk Wireless Sensor Network (WSN) guna mengelola komunikasi antara node-node sensor. Setiap protokol memiliki tujuan dan karakteristik khusus sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan lingkungan operasional. Berikut beberapa protokol komunikasi yang umum digunakan dalam WSN:

- IEEE 802.15.4: Ini adalah standar protokol fisik dan MAC (Media Access Control) yang digunakan dalam jaringan nirkabel berdaya rendah, termasuk WSN. Protokol ini mendefinisikan teknik akses media untuk mengatur komunikasi antara node-node sensor. Protokol ini umumnya digunakan sebagai dasar untuk protokol-protokol WSN lainnya.
- Zigbee: Zigbee adalah protokol yang memanfaatkan standar IEEE 802.15.4 dan ditujukan untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi nirkabel berdaya rendah, seperti WSN. Protokol Zigbee dirancang untuk memberikan interoperabilitas antara berbagai perangkat sensor dan memungkinkan pembentukan jaringan dengan topologi yang berbeda.
- 6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network): Protokol ini memungkinkan node-node sensor untuk mengirim dan menerima paket data berbasis protokol Internet (IPv6) di jaringan berdaya rendah seperti WSN. Ini membantu integrasi yang lebih erat antara WSN dan infrastruktur Internet.
- RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks): RPL adalah protokol perutean yang dirancang khusus untuk jaringan berdaya rendah dan dengan hilang-hilangnya data. Protokol ini membantu dalam mengatur perutean data di dalam WSN dengan mempertimbangkan karakteristik energi dan keandalan.
- CoAP (Constrained Application Protocol): CoAP adalah protokol aplikasi yang mirip dengan HTTP dan dirancang untuk penggunaan dalam jaringan berdaya rendah dan terbatas seperti WSN. Protokol ini memungkinkan node-node sensor untuk berkomunikasi dengan perangkat lain melalui protokol yang familiar seperti RESTful.
- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): MQTT adalah protokol komunikasi ringan yang digunakan untuk mentransmisikan pesan dalam lingkungan jaringan berdaya rendah. Ini sering digunakan dalam WSN dan Internet of Things (IoT) untuk mengirimkan data dari sensor-sensor ke server atau perangkat lain.
- SPIN (Sensor Protocol for Information via Negotiation): SPIN adalah protokol komunikasi yang digunakan untuk pengiriman data periodik dari sensor-sensor dalam jaringan WSN. Protokol ini berfokus pada efisiensi energi dengan mengurangi overhead komunikasi.

- LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy): LEACH adalah protokol khusus untuk jaringan sensor yang menggunakan pendekatan clustering. Protokol ini membantu dalam mengorganisir dan mengatur komunikasi antara node-node dalam kluster untuk menghemat energi.
- TPS (TinyOS Packet Serial): TPS adalah protokol komunikasi yang dirancang untuk aplikasi WSN dengan menggunakan sistem operasi TinyOS. Protokol ini mempertimbangkan karakteristik perangkat keras yang terbatas pada node sensor.

Pilihan protokol komunikasi tergantung pada tujuan aplikasi, sumber daya yang tersedia, topologi jaringan, dan tujuan penggunaan WSN. Beberapa protokol di atas dirancang untuk memenuhi kebutuhan khusus seperti efisiensi energi, perutean data, dan interoperabilitas.

2.4 Radio Frekuensi

Penelitian ini menggunakan modul near radio frequency (nrf)2415 buatan Nordic semiconductor. Pemilihan nrf24 sebagai modul komunikasi yang digunakan berdasarkan beberapa faktor antara lain biaya yang murah, mudah diinstalasi dan fleksibel. Nrf juga telah mendukung penggunaan topologi mesh jaringan sehingga komunikasi data dapat dijaga sebaik mungkin dari kegagalan pengiriman, autorecovery, autotranWSNitter dan autorouting yang akan lebih detail dijelaskan pada bagian mesh jaringan. Bentuk fisik dari nrf24 terlihat pada gambar di bawah.



Gambar 2.11 Bentuk fisik dari nrf24

Nrf24 bekerja pada frekuensi 2,4 Gz (industrial, scientific and medical) IWSN band dan cocok untuk sistem tertanam. Untuk merancang sebuah sistem radio dengan nRF24 kita hanya perlu sebuah MCU (microcontroller) dan beberapa eksternal komponen pasif melalui antar muka SPI. Nrf24 menggunakan modulasi digital (Gaussian frequency-shift keying (GFSK)¹⁴ dan mendukung data rate udara 250 kbps, 1 Mbps dan 2Mbps.

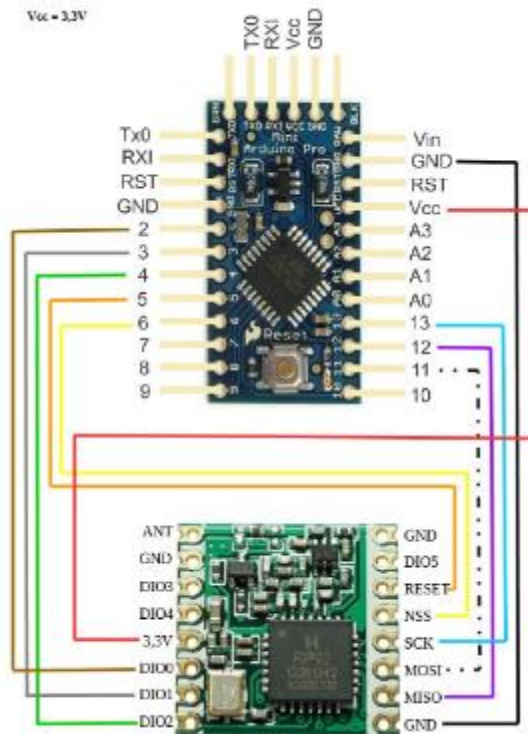
Pada gambar di bawah ini dapat terlihat bagaimana antarmuka nrf24 dengan mikrokontroler.

```
3V3 or 5V----VCC      (3.3V to 7V in)
pin D8-----CE       (chip enable in)
SS pin D10-----CSN  (chip select in)
SCK pin D13-----SCK (SPI clock in)
MOSI pin D11-----SDI (SPI Data in)
MISO pin D12-----SDO (SPI data out)
                    IRQ (Interrupt output, not connected)
GND-----GND        (ground in)
```

Gambar 2.12 koneksifitas nrf24 dengan mikrokontroler

2.5 LoRa

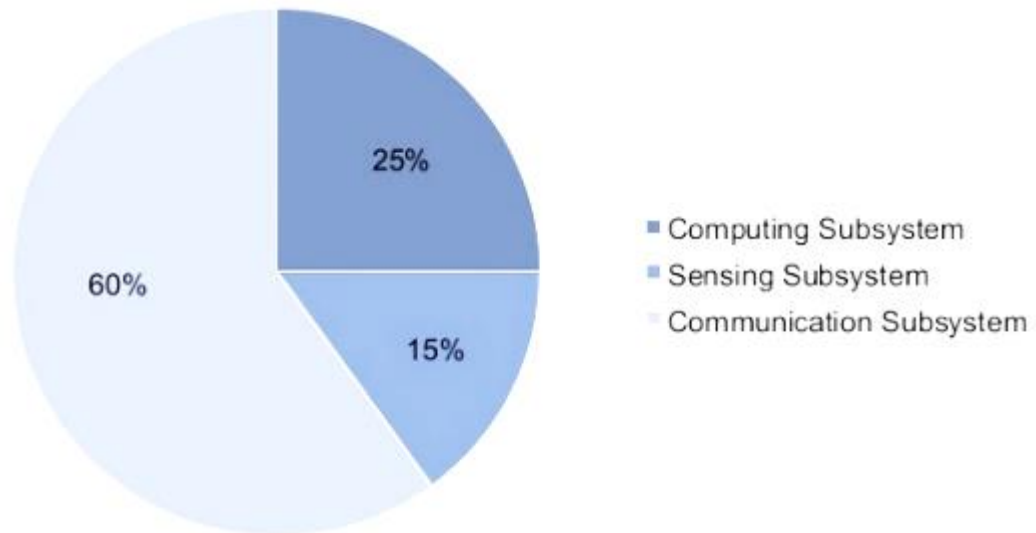
Seperti yang telah dijelaskan pada bab tinjauan pustaka, LoRa merupakan teknologi pengiriman data berbasis modulasi chirp. Pada perancangan sistem, jenis LoRa yang digunakan adaah SX1277. SX1277 merupakan transceiver LoRa keluaran Semtech. Lora SX1277 atau biasa disebut Lora 02 yang bekerja pada tegangan 3,3 VDC dan frekuensi 433 MHz. Lora ini mempunyai bite rate sebesar 300 kbps dengan tingkat sensitivitas -148 dBm pada Lora yang berfungsi sebagai reciver. Nilai Spreding Factor (SF) maksimum LoRa yang dapat di atur secara program adalah sebesar 12 dan rata-rata packet error rate (PER) sebesar 1 %. Adapun cara untuk menghubungkan LoRa 02 dengan mikrokontroler (sebagai contoh arduino promini) secara umum melalui Serial Peripheral Interface bus (SPI) seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Pengkabelan LoRa 02 dengan mikrokontroler

2.6 Sistem pencatuan pada WSN

Permasalahan energy pada WSN merupakan permasalahan yang mendasar dan menjadi topik yang terus dikaji dalam penelitian. Sumber energy pada WSN secara umum akan dihabiskan untuk 3 tugas utama yaitu pemrosesan, penginderaan dan komunikasi seperti yang terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Bagian utama konsumsi energy pada WSN

Komunikasi: ini adalah faktor yang paling mempengaruhi konsumsi pada WSN. Penggunaan radio berdaya rendah, protocol dan standar komunikasi yang sadar akan daya merupakan salah satu pilihan yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan jaringan komunikasi. Dalam sistem yang mengharuskan pengiriman data secara real-time, tentunya akan membutuhkan pasokan energy lebih besar dibandingkan yang non real-time. Upaya penghematan energy pada node meter yang paling efektif dalam menghemat sumber energy WSN adalah mengurangi aktivasi modul pengiriman data sebanyak mungkin. Selain itu, waktu tranWSNisi dan mendengarkan/penerimaan data juga harus dioptimalkan.

Penginderaan: daya yang diperlukan untuk melakukan pengambilan sampel tergantung pada sifat aplikasi dan sebagai konsekuensinya, pada jenis transduser fisik yang terlibat.

Pemrosesan data: Studi eksperimental menunjukkan bahwa besar energi untuk tranWSNisi 1 kB data hampir sama yang akan diperoleh dengan melakukan 3-100 juta instruksi pada mikrokontroler node sensor.

Hampir sebagian besar aplikasi berbasis komunikasi nirkabel menggunakan baterai sebagai sumber pasokan energy. Keuntungan penggunaan baterai sebagai pasokan energy pada WSN yaitu mandiri, energy yang dihasilkan bersih dan mudah diintegrasikan pada perangkat elektronik lainnya. Selain itu, dengan berkembangnya industri membuat baterai, harga sebuah baterai di pasaran menjadi murah. Namun, baterai juga memiliki kelemahan yaitu pasokan energi yang terbatas.

Penggunaan baterai pada jaringan yang memiliki jumlah node yang banyak dan terletak didaerah yang luas dan sulit dijangkau seperti hutan dan pegunungan dinilai kurang cocok oleh beberapa penelitian sebelumnya. Akibat keterbatasan dayanya, baterai harus terus digantian/diisi ulang, yang secara teknis sulit dilakukan. Kinerja sebuah node atau WSN dalam jaringan sangat tergantung pada pasokan energy. Untuk itu, dibutuhkan pendekatan lain pengganti baterai sebagai pemasok energy pada WSN.

Salah satu sistem pengganti baterai sebagai pemasok energy pada node jaringan adalah sistem pencatu daya berbasis energy harvesting. Energy harvesting adalah sebuah istilah yang melekat pada sistem pencatuan daya yang sumber energinya berasal dari lingkungan sekitar seperti panas, cahaya, getaran dan lain sebagainya. Sistem ini khusus dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi perangkat dalam ukuran kecil.

Penemuan sistem pencatu daya berbasis energy harvesting telah menarik banyak perhatian baik di sektor militer maupun komersial. Salah satu contohnya adalah sistem yang dapat mengubah gerak gelombang laut menjadi listrik, dimana daya yang dihasilkan digunakan sebagai pencatu sensor pemantauan oseanografi. Aplikasi lainnya adalah berkembangnya sistem isi ulang ponsel, komputer seluler, peralatan komunikasi radio yang terhubung dengan perangkat energy harvesting.

2.7 Pemanenan Energi untuk Jaringan Sensor Nirkabel

Di dunia yang digerakkan oleh teknologi saat ini, jaringan sensor nirkabel (WSN) telah mendapatkan keunggulan luar biasa karena kemampuannya untuk memantau dan mengumpulkan data dari lingkungan fisik dengan campur tangan manusia yang minimal. Jaringan ini menemukan aplikasi di berbagai domain, termasuk pemantauan lingkungan, perawatan kesehatan, otomasi industri, dan kota pintar. Namun, tantangan signifikan yang muncul dalam penerapan WSN adalah penyediaan sumber daya yang berkelanjutan dan berkelanjutan untuk node sensor. Pemanenan energi, pendekatan inovatif dan berkelanjutan, telah muncul sebagai solusi yang layak untuk mengatasi kendala daya jaringan sensor nirkabel.

Pemanenan energi, sering disebut sebagai pemulungan energi, adalah proses menangkap dan mengubah energi sekitar dari lingkungan menjadi energi listrik yang dapat memberi daya pada perangkat elektronik, seperti node sensor. Teknologi ini memungkinkan node sensor beroperasi secara otonom dengan mengekstraksi energi dari sumber seperti radiasi matahari, getaran, gradien termal, dan sinyal frekuensi radio (RF). Dengan memanfaatkan sumber energi yang tersedia ini, pemanenan energi meniadakan kebutuhan akan penggantian baterai yang sering atau sumber daya eksternal, sehingga mengurangi biaya perawatan dan masa pakai jaringan yang lebih lama.

Teknologi Pemanenan Energi Utama:

- Pemanenan Energi Matahari: Panel surya, atau sel fotovoltaik, biasanya digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. WSN yang dipasang di lingkungan luar dapat secara efisien menangkap energi matahari di siang hari dan menyimpannya di unit penyimpanan energi untuk pengoperasian di malam hari.
- Pengumpulan Energi Getaran: Getaran mekanis yang dihasilkan oleh mesin, kendaraan, atau sumber alam dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan transduser piezoelektrik atau elektromagnetik. Teknologi ini sangat berguna dalam pengaturan industri di mana getaran yang dihasilkan mesin berlimpah.
- Pemanenan Energi Termal: Perbedaan suhu antara dua permukaan dapat dimanfaatkan menggunakan bahan termoelektrik untuk menghasilkan tenaga listrik melalui efek Seebeck. Pendekatan ini cocok untuk aplikasi di mana ada variasi suhu, seperti dalam proses industri atau sistem HVAC.
- Pemanenan Energi RF: Sinyal RF sekitar, seperti yang berasal dari router Wi-Fi atau menara komunikasi, dapat ditangkap dan diubah menjadi energi listrik menggunakan struktur rectenna. Pemanenan energi RF sangat menarik untuk lingkungan dalam ruangan atau perkotaan di mana sinyal RF lazim.

Keuntungan Pemanenan Energi di WSN:

- Keberlanjutan: Pemanenan energi secara signifikan mengurangi dampak lingkungan dari WSN dengan menghilangkan kebutuhan akan baterai sekali pakai. Aspek keberlanjutan ini selaras dengan dorongan global untuk teknologi ramah lingkungan dan pengurangan limbah elektronik.
- Masa Pakai Jaringan yang Diperpanjang: Pemanenan energi mengurangi masalah keterbatasan energi yang umumnya terkait dengan node sensor bertenaga baterai. Hal ini menyebabkan pengoperasian jaringan yang berkepanjangan dan kebutuhan pemeliharaan yang berkurang, sehingga layak untuk menyebarkan sensor di lokasi yang jauh atau tidak dapat diakses.
- Efisiensi Biaya: Walaupun investasi awal dalam teknologi pemanenan energi mungkin lebih tinggi, penghematan biaya jangka panjang cukup besar karena berkurangnya biaya penggantian dan pemeliharaan baterai.
- Fleksibilitas dalam Penerapan: Pemanenan energi memungkinkan penyebaran node sensor yang lebih fleksibel, karena tidak dibatasi oleh ketersediaan outlet listrik atau penggantian baterai yang sering. Ini sangat menguntungkan dalam lingkungan yang dinamis atau cepat berubah.

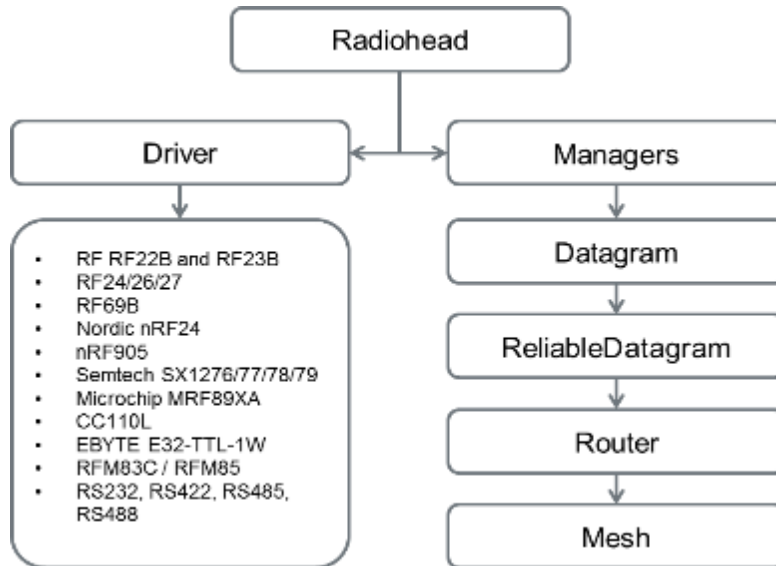
Tantangan dan Pertimbangan:

- Ketersediaan Energi: Jumlah energi yang dapat dipanen dari lingkungan dapat sangat bervariasi, bergantung pada faktor seperti lokasi, kondisi cuaca, dan sumber energi. Pemilihan lokasi yang hati-hati dan penilaian sumber energi sangat penting untuk keberhasilan implementasi.
- Manajemen Energi: Manajemen energi dan mekanisme penyimpanan yang efisien sangat penting untuk memastikan pengoperasian yang berkelanjutan selama periode ketersediaan energi yang rendah atau berfluktuasi. Ini melibatkan desain unit penyimpanan energi seperti superkapasitor atau baterai yang dapat diisi ulang.
- Efisiensi Konversi Energi: Efisiensi teknologi konversi energi memengaruhi kinerja keseluruhan sistem pemanenan energi. Para peneliti terus bekerja untuk meningkatkan efisiensi berbagai teknik pemanenan energi untuk memaksimalkan ekstraksi energi.
- Integrasi Sistem: Mengintegrasikan modul pemanenan energi dengan node sensor yang ada memerlukan desain yang cermat untuk memastikan pengoperasian yang lancar dan penggunaan energi yang efektif. Tantangan kompatibilitas dan pengoptimalan harus diatasi.

Pemanenan energi sangat menjanjikan untuk merevolusi kemampuan jaringan sensor nirkabel, memungkinkannya beroperasi secara berkelanjutan dan mandiri di lingkungan yang beragam. Seiring meningkatnya permintaan akan sistem yang cerdas dan saling terhubung, integrasi teknologi pemanenan energi akan memainkan peran penting dalam mengurangi ketergantungan pada sumber daya tradisional dan meningkatkan efisiensi, umur panjang, dan ramah lingkungan dari jaringan sensor nirkabel. Peneliti, insinyur, dan inovator terus mendorong batas-batas teknik pemanenan energi, mendorong kita menuju masa depan di mana lingkungan yang berlimpah energi menggerakkan dunia kita yang saling terhubung.

2.8 RadioHead

RadioHead dikembangkan oleh mikem pada tahun 2012 hingga sekarang. OSS ini dibangun untuk melayani pembangunan aplikasi-aplikasi jaringan berbasis radio frekuensi seperti jaringan sensor nirkabel (JSN), internet of things (IoT), infrastruktur metering dan lain sebagainya. Secara umum, RadioHead terdiri dari 2 set kelas utama yaitu Driver dan Manajer seperti yang terlihat pada gambar III.9. Driver merupakan OSS yang hubungan langsung dengan modul radio yang digunakan, sedangkan manager akan mengelola semua atribut dan pengaturan-pengaturan dalam pembangunan sebuah jaringan



Gambar 2.15 Skema besar OSS RadioHead

Ada empat tingkatan manager dalam pengelolaan jaringan. setiap tingkatan akan menginisiasi fungsi-kerja tertentu. Semua sintak, atribut dan pengaturan yang ada pada suatu tingkatan telah terangkum di tingkatan yang lebih tinggi. Tingkatan-tingkatan manager antara lain:

Datagram

Pada tingkatan ini, node-node telah dapat dialamati, melakukan pengiriman secara siaran (broadcast) ke node-node sekitarnya, namun pengiriman data hanya bisa dilakukan dari satu node ke satu node lainnya (point to point).

Reliable datagram

Pada tingkatan ini, node telah dapat mengidentifikasi node-node yang dapat dikirim pesan atau data. Ketika sebuah node gagal mengirimkan sebuah pesan pada node lain, node tersebut telah secara otomatis melakukan pengiriman ulang (retransWSNit)

Router

Node-node yang telah ditanami manager router telah dapat melakukan pengiriman langsung dan atau menggunakan node perantara. Pada tingkatan ini, node-node perantara harus dibangun secara manual.

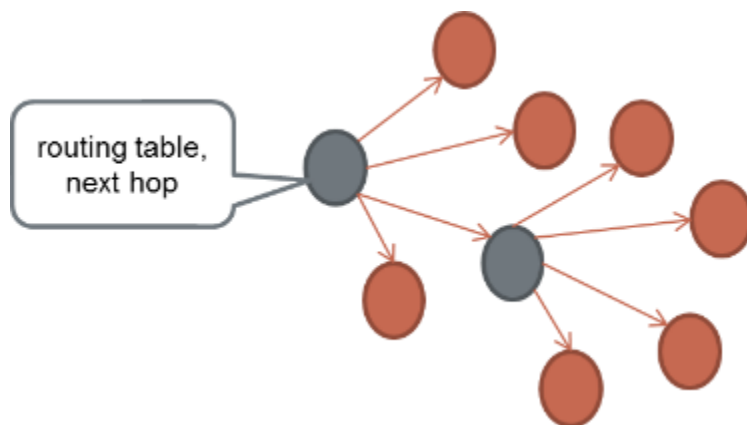
Mesh

Mesh merupakan tingkatan paling lengkap dalam jaringan. setiap node yang telah ditanami mesh dapat bekerja sebagai pengirim data maupun sebagai route secara otomatis. Node juga telah dilengkapi oleh fitur penyembungan (discovery) jaringan, ketika salah satu node perantara yang digunakan mati atau tidak dapat diakses.

Secara teknis, seorang programmer harus menanamkan dan menginisiasi Driver dan Manajer. Setelah itu fasilitas Manajer dapat digunakan untuk mengirim dan menerima pesan dalam jaringan.

2.9 Mekanisme pembangunan jaringan mesh menggunakan OSS RadioHead

Node yang telah ditanami OSS mesh secara otomatis melakukan inisiasi diri dan lingkungan sekitar. Node-node lain yang berada disekitarnya akan diidentifikasi menjadi node tetangga (next hop) dan dimasukkan dalam sebuah daftar rute (routing table) seperti yang terlihat pada gambar 2.16. Ketika sebuah node akan melakukan pengiriman pesan menuju node target. Ketika sebuah node mencoba mengirimkan pesan menuju node target. Node akan melakukan pemeriksaan apakah ada rute menuju node target atau tidak. Jika tidak, maka node akan menginisialisasi ulang (Route Discovery). Route Discovery merupakan sebuah tindakan yang dilakukan node untuk menemukan rute ke node lain dengan cara menyiarkan sebuah pesan permintaan penemuan rute dalam jaringan. Setiap node yang menerima pesan tersebut akan melakukan pemeriksaan routing table, apakah alamat node target ada dalam routing table nya atau tidak. Jika tidak, node akan menyiarkan ulang permintaan tersebut setelah menambahkan alamat sendiri ke daftar node yang dikunjungi sejauh ini oleh permintaan. Upaya ini akan terus dilakukan sampai menemukan rute menuju node target⁶.

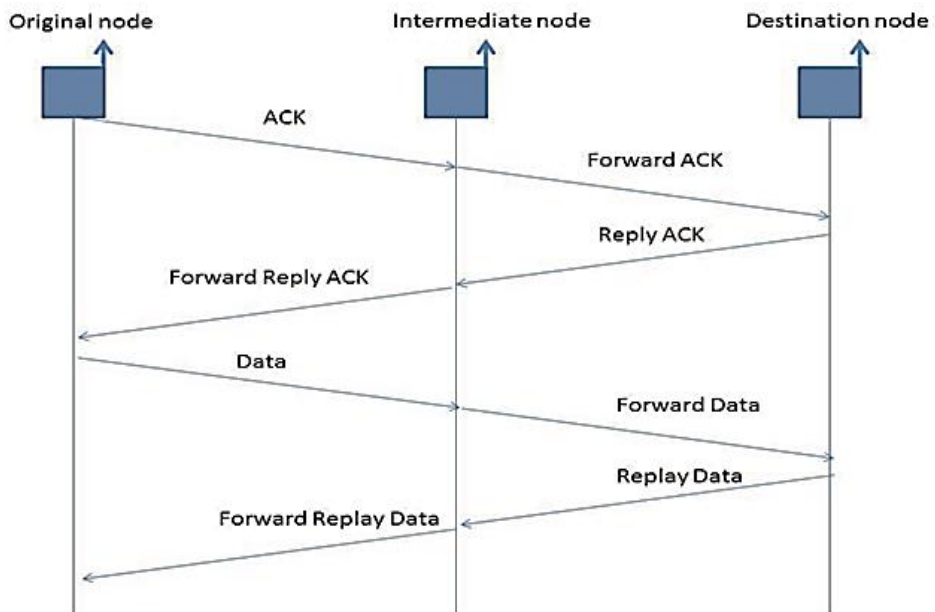


⁶ Rifki Muhendra et al., "Development of Digital Water Meter Infrastructure Using Wireless Sensor Networks," *AIP Conference Proceedings* 1746 (2016): 1–7.

Gambar 2.16 Skema inisiasi node dalam jaringan mesh

Ketika node target telah ditemukan, pesan permintaan dari node asal akan dibalas disertai dengan informasi node-node rute yang telah terbangun. Dalam skema penemuan jaringan ini, tentu banyak rute yang terbangun. Namun, setelah pesan jawaban diterima oleh node asal. Node tersebut akan menyimpulkan rute mana yang akan dipilih. Adapun kriteria pemilihan rute ini adalah jumlah hop yang paling sedikit menuju node target. Rute-rute selain rute pilihan ini akan dilupakan oleh node asal.

Setelah rute pengiriman data ditemukan, node pertama-tama akan mengirimkan sebuah pesan acknowledge (ACK) kepada node target. Ini bertujuan untuk mengetahui status node target, apakah bersedia menerima pesan data atau tidak. Jika bersedia, node target akan mengirimkan ACK balasan kepada node asal. Jika tidak bersedia atau tidak ada balasan, node asal akan mengirimkan ACK kembali. Maksimal pengulangan pengiriman ACK sebanyak 3 kali. Ketika node asal telah menerima balasan ACK, node telah dapat mengirimkan data menuju node target. Skema pengiriman data dalam jaringan mesh dapat dilihat pada gambar 2.17.

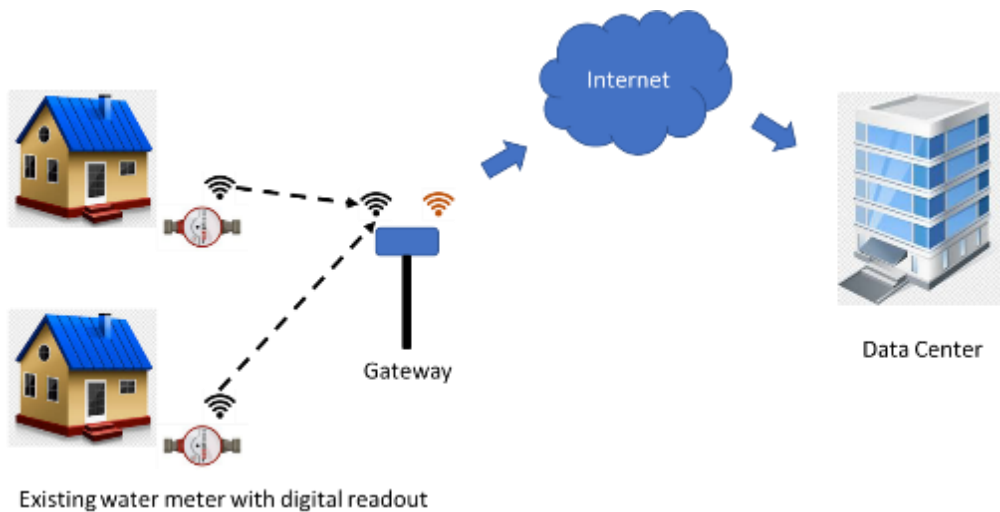


Gambar 2.17 Skema pengiriman data dalam jaringan mesh

2.7 Sistem monitoring meter air berbasis mesh

Pada bagian ini akan dijelaskan system monitoring air menggunakan pendekatan WSN dengan topologi mesh. System ini merupakan salah satu penelitian dari penulis yang telah dipublikasi di Jurnal Nasional Terakreditasi (SINTA 2). Bagian ini akan focus membahas mengenai mekanisme perancangan system.

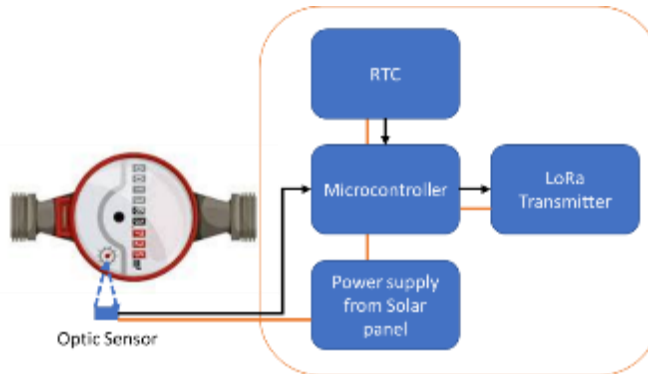
Sistem ini umumnya terdiri dari perangkat meteran air mekanik yang sudah ada ditambah rangkaian sensor sehingga dapat merekam secara digital, dimana data meteran tersebut akan dikirim ke internet melalui jaringan mesh LoRa dan gateway berbasis IP. Pengukur data yang sudah ada di internet dapat diakses oleh utilitas dan pelanggan. Sirkuit sensor tidak mengganggu dan berdaya rendah yang dijelaskan pada bagian di bawah ini



Gambar 2.18 system monitoring meter air

Rangkaian sensor

Rangkaian sensor merupakan rangkaian terintegrasi yang ditambahkan pada meteran air mekanis yang ada yang memungkinkan pencatatan volume konsumsi air secara digital. Rangkaian ini terdiri dari sensor optik, real-time clock (RTC), mikrokontroler, Lora Transmitter, dan catu daya seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2.19 Rangkaian sensor meter air berbasis LoRa

Jenis sensor optic yang digunakan pada sistem ini adalah jenis modul infrared TCRT5000. Sensor ini sering digunakan untuk sensor robot Line follower. Keluaran dari sensor ini berupa sinyal analog. Dalam sensor TCRT5000 terdapat 2 sensor infrared yang masing-masing berfungsi sebagai pemancar dan penerima, bentuknya seperti LED kecil. Ketika sensor dihadapkan dengan benda yang dapat merefleksikan cahaya maka cahaya akan diteruskan kepada sensor receiver. Jika sensor dihadapkan dengan benda yang tidak dapat merefleksikan cahaya, maka cahaya InfraRed tidak akan diteruskan. Atau lebih sederhananya, keluaran dari sensor akan bernilai HIGH ketika dihadapkan dengan warna yang tidak dapat merefleksikan cahaya, misalnya dengan warna hitam. kemudian pada saat dihadapkan dengan benda yang dapat merefleksikan cahaya keluaran dari sensor bernilai LOW. Sensor TCRT5000 dipasang tepat diatas panah meter air yang biasanya berwarna merah. Setiap perubahan nilai high dan low akan membentuk sebuah pulsa. Setiap pulsa akan dihitung 1 nilai cacahan yang mengindikasikan volume air yang telah melewati meter sebanyak 1 liter.

RCT pada rangkaian sensor berfungsi sebagai pewaktu. Jenis RTC yang digunakan adalah DS3231. DS3231 adalah model RTC yang sering digunakan oleh para pengembang elektronik karena memiliki keakuratan yang cukup tinggi walau telah digunakan dalam waktu cukup lama. modul ini memiliki IC EEPROM tipe AT24C32 yang dapat dimanfaatkan sebagai penyimpan data waktu. Interface untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan i2c. Module DS3231 RTC ini pada umumnya sudah tersedia dengan battery CR2032 3V yang berfungsi sebagai back up RTC apabila catudaya utama mati.

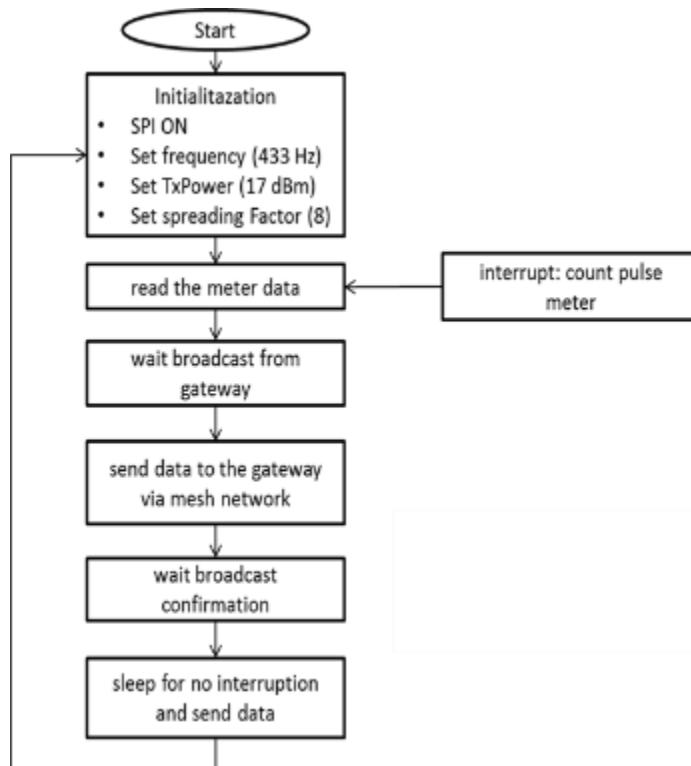
Data-data meter yang telah di generate oleh sensor ditampung sementara oleh mikrokontroler sebelum data tersebut dikirim. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah STM32. Mikrokontroler berbasis inti prosesor 32 bit RISC ARM dari STMicroelectronics. Mikrokontroler ini mempunyai frekuensi clock tinggi,

umumnya berada pada kisaran 72MHz atau lebih. Pemilihan mikrokontroler ini sebagai antisipasi kerja pemrosesan yang cukup besar yang tidak tertangani oleh mikrokontroler berprosesor lebih kecil. Secara umum ada dua pekerjaan dari mikrokontroler yaitu mencatat data meter setiap waktu, proses komunikasi antara meter dengan meter sekitar juga meter dengan gateway.

Algoritma pemrograman rangkaian sensor data

Bahasa pemrograman yang digunakan pada rangkaian sensor adalah Arduino IDE. Ini adalah Bahasa pemrograman yang sederhana dan efektif memfasilitasi pembacaan sensor, pengolahan data, komunikasi data dan juga beberapa interfacing. Alur pemrograman mikrokontroler pada rangkaian sensor dapat dilihat pada gambar 2.20.

Pemrograman diawali dengan proses inisiasi perangkat-perangkat keras dan juga wiring dengan mikrokontroler seperti port I/O untuk sensor dan RTC serta SPI untuk Lora Transmitter. Selanjutnya, program akan focus untuk membangun komunikasi jaringan menggunakan frekuensi radio yaitu 433 Hz. Kemudian program akan melakukan pengaturan power pada transmitter dan spreading factor. Setelah proses inisiasi selesai, proses yang dilakukan pada mikrokontroler adalah pembacaan volume meter air. Proses pembacaan meter ini menggunakan metode interupsi agar menjaga pembacaan meter tetap berlanjut walaupun meter dalam keadaan sleep atau standby. Nilai pembacaan volume air akan masuk pada proses utama pemrograman berdasarkan waktu pencatatan. Proses pengiriman data meter ke gateway akan dilakukan setelah rangkaian sensor menerima broadcast minta data. Ini bertujuan agar system pada rangkaian sensor dapat menghemat daya. Ketika broadcast diterima, data meter dengan waktu terakhir akan di kirim ke gateway melalui jaringan mesh. Apabila pengiriman data telah dilakukan, mikrokontroler akan menunggu konformasi melalui broadcast gateway. Jika berhasil maka mikrokontroler akan melakukan sleep.



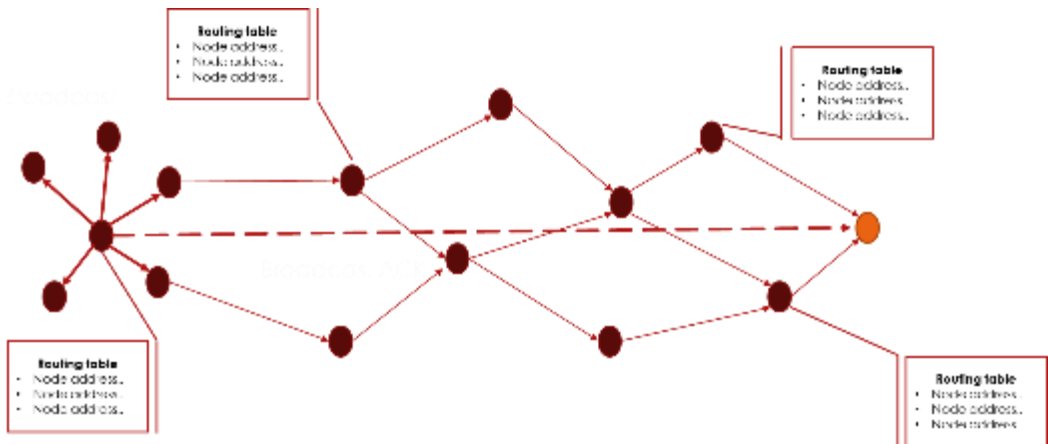
Gambar 2.20. Algoritma pemrograman rangkaian sensor

Komunikasi pada jaringan mesh

Ada tiga keuntungan utama dari topologi mesh pada jaringan sensor yaitu meningkatkan coverage pengiriman data, mudah dideploy dan bersifat auto routing [referensi]. Peningkatan coverage yaitu pengiriman data dapat dilakukan lebih dari maksimal jarak pengiriman sebuah transmitter. Misalkan transmitter ISM band yang berjarak maksimal 100 meter dapat di perluas dengan adanya system hop pada jaringan mesh. Sifat mudah dideploy pada jaringan mesh diakibatkan system yang otomatis mengkonfigurasi node-node terdekat sebagai route yang memungkinkan untuk mengirimkan data. Apabila sebuah node yang sebelumnya dikonfigurasi sebagai route tiba-tiba mati atau tidak dapat melanjutkan pengiriman data, node-node lain sekitar node yang mati tersebut akan secara otomatis menggantikan fungsi pengiriman data. Sifat mesh seperti ini di sebut sebagai auto routing.

Mekanisme terbentuknya mesh jaringan dapat dilihat pada gambar 2.21. Setiap node yang telah diinstal program mesh dan dalam keadaan hidup akan mengkonfigurasi dirinya dalam kelompok daftar route. Daftar route adalah daftar alamat node-node yang berdekatan yang tersedia untuk melakukan pengiriman

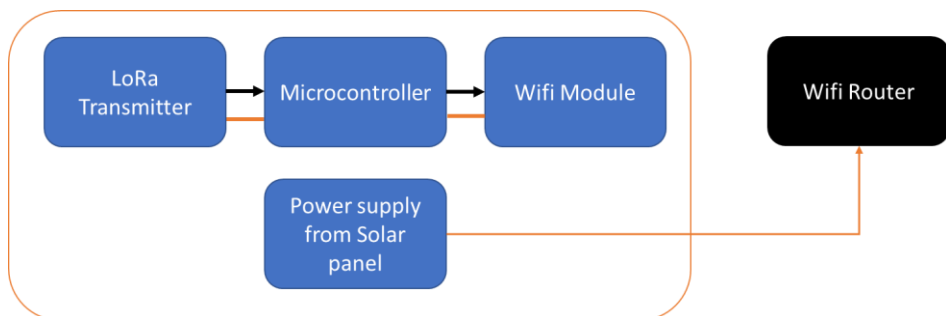
data dan mampu melakukan forward data dari node sekitarnya. Proses ini biasa dikenal dengan proses acknowledgment (ACK). Proses ACK juga dapat mengidentifikasi route pengiriman data dari node pengirim hingga target node. Apabila sebuah node akan mengirimkan data menuju node target, hal pertama yang harus dilakukan adalah memeriksa daftar rute. Jika tersedia, maka pemancar akan langsung menggunakannya. Jika tidak maka akan melakukan proses restart ACK atau disebut dengan route discovery.



Gambar 2.21. Mekanisme pembentukan jaringan mesh

Gateway

Gateway adalah rangkaian yang dibangun untuk menjembatani pengiriman data meter dari jaringan radio menuju internet. Skema rangkaian gateway dapat dilihat pada gambar 2.22. Gateway terdiri dari LoRa transmitter, mikrokontroler, modul wifi dan power supply serta sebuah wifi router sebagai tulang punggung internet. Modul wifi yang digunakan pada rangkaian gateway adalah nodeMCU. NodeMCU adalah System on Chip (SoC) board ESP8266 yang berfungsi sebagai mikrokontroler dan juga modul komunikasi berbasis Wi-Fi. NodeMCU beroperasi pada 3,3 V dan mengkonsumsi arus tidak lebih dari 150 mA.



Gambar 2.22. Skema rangkaian gateway

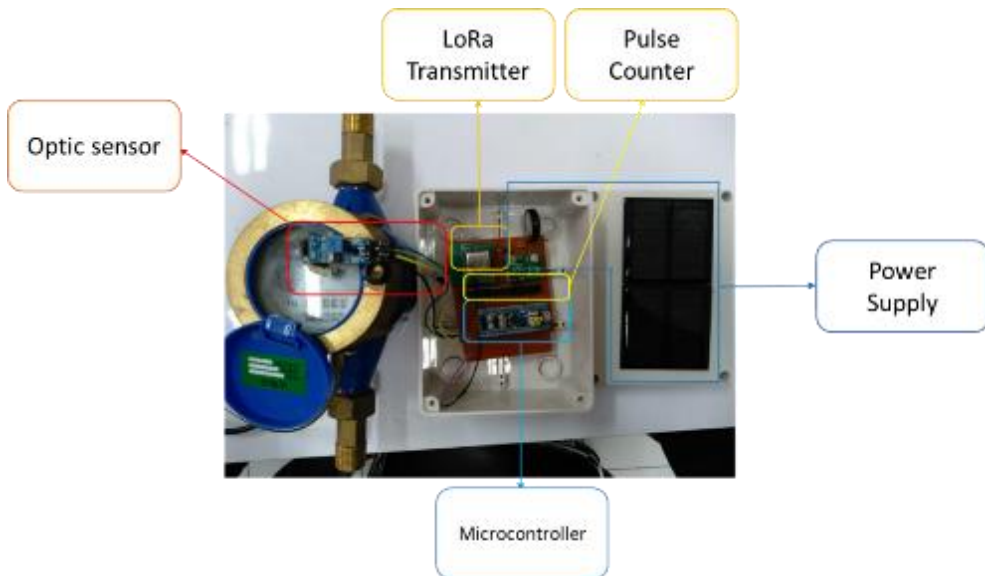
Proses yang dilakukan dalam sebuah gateway terdiri dari beberapa tahap antara lain: mengirimkan broadcast ke pada seluruh rangkaian sensor dalam jaringan untuk minta dikirimkan data meter kemudian memberikan konfirmasi pada setiap rangkaian meter yang datanya telah diterima. Data-data meter kemudian akan dipersiapkan untuk dikirim ke internet melalui modul wifi. Kemampuan dan kualitas pengiriman data keinternet oleh modul wifi tergantung pada kapasitas wifi router yang tersedia. Apabila data telah sampai di internet atau juga bias disebut cloud, gateway seterusnya akan melakukan sleep.

Node Red sebagai cloud computing

Node-RED adalah sebuah tool berbasis browser untuk membuat aplikasi Internet of Things (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunanya untuk membuat aplikasi sebagai “flow”. Node-Red ini memiliki fitur-fitur antara lain Flow Editor yang berbasis aplikasi web browser, Dibuat berdasarkan nodejs dan Flow tersimpan dalam bentuk JSON. Node-Red dapat menghimpun data dari berbagai sensor node. Sensor node ini bisa berupa sensor yang terpasang bersama mikrokontroler serta modul komunikasi jaringan (bisa WiFi atau Ethernet). Node-Red juga dapat mempresentasikan data-data yang dikumpulkan dalam berbagai data visual, bisa berupa bagan garis (line chart), meteran (gauge), dan lain sebagainya dengan mudah dan praktis.

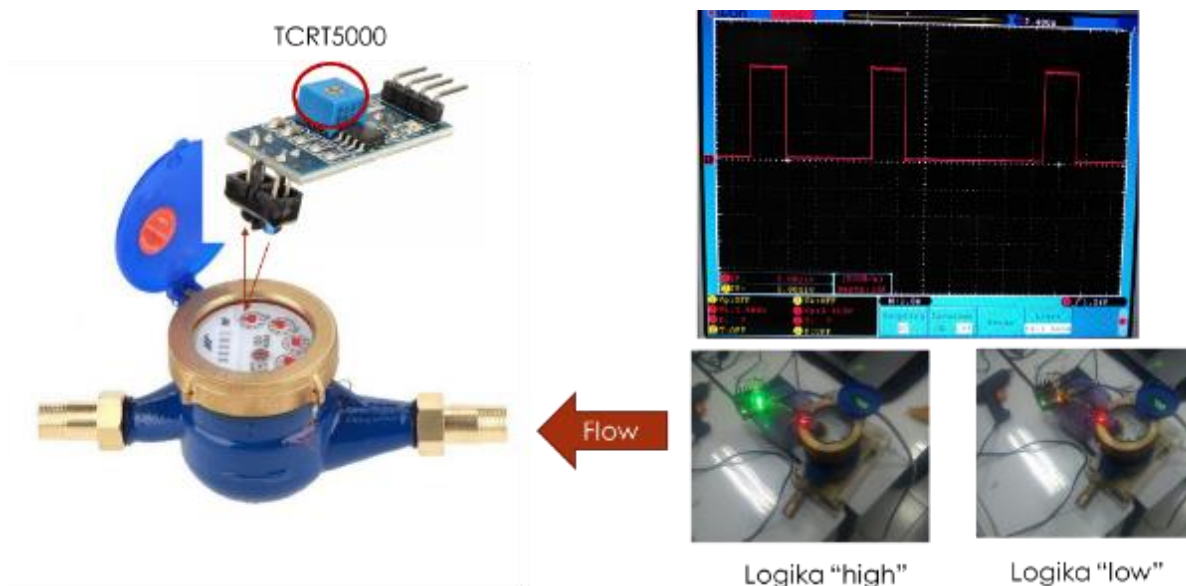
Hasil rancangan

Perangkat keras yang dapat dilihat terlihat gambar 2.23. Perangkat ini dapat membaca volume konsumsi air secara digital dan dikirimkan menuju internet melalui jaringan sensor. Meter air yang digunakan adalah meter air mekanik yang dipasangkan sensor optic. Pemasangan sensor pada meter air tidak disertai pembongkaran perangkat meter mekanik. Ini biasa disebut sebagai konsep non intrusive yang merupakan terobosan dari penelitian ini. Perangkat pembaca meter air ini dicatu dari power supply yang mendapat energi dari solar sel. Perangkat ini dicatu dengan tegangan 5 volt dan arus kurang lebih sebesar 150mA.



Gambar 2.23. Perangkat pembaca meter air non intrusiv

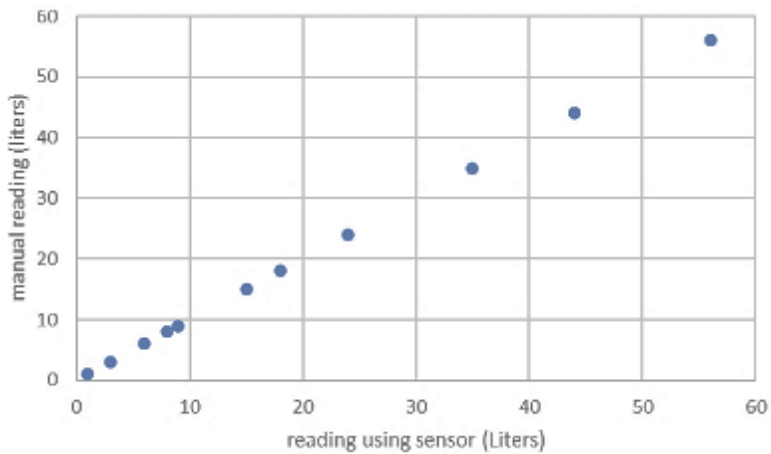
Untuk mengetahui seberapa baik pembacaan sensor pada perangkat pembaca meter dilakukan mengujian. Pengujian ini berupa pembacaan sinyal keluaran sensor dan juga pembacaan volume oleh perangkat. Pada pengujian pembacaan sinyal keluaran sensor dilakukan dengan menghubungkan output sensor dengan osiloskop dimana meter air di alirkan air seperti yang terlihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 prosedur dan hasil pembacaan sinyal keluaran sensor. Dari gambar 2.24 terlihat pembacaan sensor optic yang digunakan memiliki akurasi yang baik. Sensor yang diletakkan tepat diatas panah meter yang berwarna merah

dalam hitungan liter. Sensor sangat baik mendeteksi setiap perubahan warna yang ada di depan sensor. Ketika pantulan warna merah dibaca oleh sensor, maka keluaran berlogika high. Sebaliknya, ketika sensor mendeteksi pantulan warna putih maka logika menjadi low. Setiap logika high diterima oleh mikrokontroler akan dihitung menjadi 1 liter air.

Selanjutnya pengujian yang dilakukan adalah membandingkan pembacaan secara manual dan pembacaan melalui perangkat pembaca meter air. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Pengujian pembacaan meter air

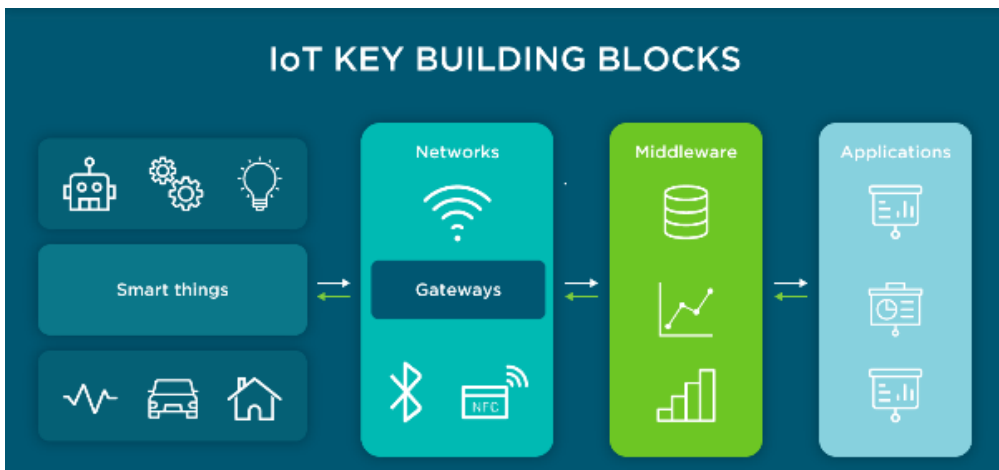
Gambar 2.25 adalah grafik perbandingan pembacaan meter secara manual atau yang terlihat oleh mata dan pembacaan penghitungan konsumsi air oleh perangkat pembaca meter. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa setiap nilai pembacaan manual tepat sama dengan pembacaan secara penghitungan perangkat pembaca. Ini mengindikasikan bahwa tidak ada volume air yang terlewatkan oleh sensor. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa pembacaan menggunakan perangkat pembaca meter air bekerja dengan sangat baik.

Internet of Things (IoT)

3.1 Dasar IoT

Di era digital, Internet of Things (IoT) telah muncul sebagai kekuatan transformatif, membentuk kembali cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita. Konsep IoT berputar di sekitar interkoneksi objek, perangkat, dan sistem sehari-hari melalui internet, memungkinkan mereka untuk mengumpulkan, bertukar, dan menganalisis data secara mandiri. Teknologi ini memiliki potensi untuk merevolusi industri, meningkatkan efisiensi, dan meningkatkan kualitas hidup individu. Esai ini menggali seluk-beluk IoT, mengeksplorasi asal-usulnya, aplikasinya, tantangannya, dan dampaknya yang mendalam pada masyarakat kita.

Benih-benih IoT ditaburkan pada awal 1980-an ketika ilmuwan komputer Mark Weiser menciptakan istilah "komputasi di mana-mana" untuk menggambarkan visi dunia di mana komputer dan teknologi akan berintegrasi dengan mulus ke dalam kehidupan kita sehari-hari. Namun, baru setelah kemajuan komunikasi nirkabel, miniaturisasi sensor, dan proliferasi konektivitas internet, IoT mulai terbentuk. Kevin Ashton, seorang perintis teknologi Inggris, sering dikreditkan dengan istilah "Internet of Things" pada tahun 1999, menekankan gagasan untuk menghubungkan objek fisik ke internet untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan⁷.



Gambar 3.1 unsur utama pembangunan system IoT

Sumber <https://jelvix.com/blog/iot-architecture-layers>

⁷ Rifki Muhendra and Yudha Hamdi Arzi, "Development of Street Lights Controller Using Wifi Mesh Network," *2017 International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS)* (November 2017): 105–109, <http://ieeexplore.ieee.org/document/8267830/>.

Setidaknya ada 4 komponen inti dalam system IoT yang masing-masingnya antara lain:

- Sensor dan Aktuator: Perangkat IoT dilengkapi dengan sensor yang mengumpulkan data dari lingkungan. Sensor ini dapat mengukur parameter seperti suhu, kelembaban, cahaya, gerakan, dan lainnya. Aktuator, di sisi lain, bertanggung jawab untuk melakukan tindakan berdasarkan data yang diterima, seperti menyalakan lampu atau menyesuaikan termostat.
- Konektivitas: Inti dari IoT adalah konektivitas. Perangkat berkomunikasi satu sama lain dan sistem pusat melalui berbagai protokol komunikasi seperti Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, dan jaringan seluler. Konektivitas ini memungkinkan pertukaran data tanpa hambatan dan kendali jarak jauh.
- Pemrosesan dan Analisis Data: Sejumlah besar data yang dihasilkan oleh perangkat IoT diproses dan dianalisis secara waktu nyata atau disimpan untuk analisis nanti. Analitik tingkat lanjut, pembelajaran mesin, dan teknik kecerdasan buatan digunakan untuk mengekstrak wawasan yang bermakna dari data yang dikumpulkan.
- Antarmuka Pengguna: Perangkat IoT sering kali memiliki antarmuka pengguna yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengannya secara langsung. Antarmuka ini dapat mencakup aplikasi smartphone, antarmuka web, perintah suara, dan bahkan antarmuka augmented reality.

System IoT telah memberikan dampak yang signifikan dalam system monitoring, control serta system cerdas. Beberapa Aplikasi IoT yang dikembangkan berbasis IoT antara lain:

- Kota Cerdas: IoT siap mengubah kehidupan perkotaan dengan mengoptimalkan alokasi sumber daya, meningkatkan sistem transportasi, meningkatkan keselamatan publik melalui pengawasan cerdas, dan menyediakan pengelolaan limbah yang efisien. Lampu jalan pintar, sistem manajemen parkir, dan pemantauan kualitas udara adalah beberapa contoh penting.
- Perawatan Kesehatan: IoT merevolusi perawatan kesehatan dengan perangkat yang dapat dipakai yang memantau tanda-tanda vital, peralatan medis pintar, dan solusi pengobatan jarak jauh. Teknologi ini meningkatkan perawatan pasien, memungkinkan pemantauan jarak jauh, dan meningkatkan manajemen penyakit.
- Industrial IoT (IIoT): Industri memanfaatkan IoT untuk mencapai pemeliharaan prediktif, pemantauan waktu nyata, dan manajemen sumber daya yang efisien. IIoT memungkinkan otomatisasi pabrik, optimalisasi rantai pasokan, dan peningkatan proses.

- Pertanian: IoT membuat pertanian lebih tepat dan berkelanjutan. Sensor memantau kelembapan tanah, suhu, dan kesehatan tanaman, memungkinkan petani mengoptimalkan irigasi dan meminimalkan limbah.
- Otomatisasi Rumah: Rumah pintar yang dilengkapi dengan perangkat IoT menawarkan peningkatan kenyamanan dan efisiensi energi. Termostat pintar, sistem pencahayaan, kamera keamanan, dan asisten yang dikontrol suara meningkatkan kualitas hidup di rumah.

Dampak dan Tantangan:

Dampak positif:

- Efisiensi: IoT mengoptimalkan proses, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan produktivitas di berbagai sektor. Misalnya, sistem smart grid memungkinkan manajemen dan konsumsi energi yang lebih baik.
- Wawasan Berbasis Data: IoT menghasilkan data dalam jumlah besar, yang bila dianalisis, dapat memberikan wawasan berharga untuk pengambilan keputusan yang tepat. Hal ini sangat penting dalam pemantauan kesehatan, bisnis, dan lingkungan.
- Peningkatan Kualitas Hidup: Teknologi IoT memberikan kenyamanan, keamanan, dan aksesibilitas dalam kehidupan sehari-hari. Dari monitor kesehatan yang dapat dikenakan hingga peralatan pintar, mereka memberdayakan individu dengan pengalaman yang dipersonalisasi.

Tantangan:

- Privasi dan Keamanan: Sifat perangkat IoT yang saling terhubung menimbulkan kekhawatiran tentang privasi dan keamanan data. Kerentanan pada perangkat dapat menyebabkan pelanggaran data, pengawasan, dan akses tidak sah.
- Interoperabilitas: Kurangnya standar universal untuk perangkat IoT dapat menyebabkan masalah kompatibilitas, menghambat komunikasi dan integrasi tanpa batas antara berbagai perangkat dan platform.
- Kelebihan Data: Banyaknya volume data yang dihasilkan oleh perangkat IoT menimbulkan tantangan dalam hal penyimpanan, pemrosesan, dan analisis data. Strategi manajemen data yang efisien sangat penting.
- Kompleksitas dan Keandalan: Seiring dengan meningkatnya kompleksitas sistem IoT, mempertahankan keandalan dan stabilitas sistem ini menjadi sebuah tantangan. Kegagalan atau malfungsi sistem dapat memiliki konsekuensi yang luas.

Prospek masa depan:

Lanskap IoT siap untuk pertumbuhan yang luar biasa seiring dengan kemajuan teknologi. Dengan munculnya jaringan 5G, perangkat IoT akan mengalami konektivitas yang lebih cepat dan andal, memungkinkan aplikasi waktu nyata yang sebelumnya tidak dapat dicapai. Komputasi tepi, di mana data diproses lebih dekat ke sumbernya daripada di server cloud terpusat, akan mengurangi latensi dan meningkatkan waktu respons. Selanjutnya, integrasi AI dan pembelajaran mesin dengan IoT akan memungkinkan perangkat menjadi lebih cerdas dan mampu membuat keputusan otonom berdasarkan data real-time.

Kesimpulannya, Internet of Things berdiri sebagai paradigma teknologi penting yang membentuk kembali industri, masyarakat, dan kehidupan individu. Dengan menghubungkan dunia fisik ke dunia digital, IoT memiliki potensi untuk membuka tingkat efisiensi, kenyamanan, dan wawasan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Namun, integrasinya yang sukses membutuhkan penanganan tantangan terkait keamanan, privasi, interoperabilitas, dan manajemen data. Saat IoT terus berkembang, ia memegang janji untuk menciptakan dunia yang lebih terhubung, cerdas, dan berkelanjutan.

3.2 Protokol komunikasi IP

Protokol Internet Protocol (IP) adalah dasar dari komunikasi jaringan di seluruh dunia yang memungkinkan pengiriman dan penerimaan data antar perangkat yang terhubung ke jaringan. IP adalah bagian integral dari internet dan jaringan komputer modern, yang memungkinkan perangkat dari berbagai jenis dan lokasi berkomunikasi secara efisien. Ada dua versi utama dari IP yang digunakan saat ini: IPv4 (Internet Protocol version 4) dan IPv6 (Internet Protocol version 6).

A. IPv4 (Internet Protocol version 4):

IPv4 adalah versi awal dari protokol IP yang diperkenalkan pada tahun 1983. Dalam IPv4, alamat IP terdiri dari empat oktet angka yang dipisahkan oleh titik, seperti 192.168.1.1. Setiap oktet dapat memiliki nilai antara 0 hingga 255. Ini menghasilkan total sekitar 4,3 miliar alamat IP yang dapat digunakan, yang pada awalnya cukup, tetapi karena pertumbuhan pesat internet dan perangkat terhubung, alamat IPv4 telah semakin habis.

Keunggulan IPv4:

- Kecocokan dengan infrastruktur dan perangkat yang sudah ada.
- Kompatibilitas dengan banyak perangkat dan sistem operasi.

Keterbatasan IPv4:

- Keterbatasan jumlah alamat IP, yang telah menyebabkan kekurangan alamat dalam beberapa kasus.
- Keamanan dan privasi lebih sulit diatur karena tidak memiliki fitur keamanan bawaan.

IPv4 (Internet Protocol version 4) adalah protokol yang umum digunakan dalam jaringan komputer untuk mengirimkan data melalui internet. Protokol ini menggunakan alamat IP berformat empat oktet angka (misalnya, 192.168.1.1) untuk mengidentifikasi perangkat yang terhubung dalam jaringan. Berikut ini beberapa contoh penggunaan protokol IPv4:

- Browsing Web (HTTP): Saat Anda membuka browser dan mengakses situs web, perangkat Anda mengirim permintaan HTTP (Hypertext Transfer Protocol) menggunakan alamat IP atau nama domain. Server web kemudian merespons dengan mengirimkan halaman web yang diminta melalui alamat IP.
- Email (SMTP, POP3, IMAP): Ketika Anda mengirim atau menerima email, protokol seperti SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) digunakan untuk mengirim email melalui alamat IP dari pengirim ke server email penerima. POP3 (Post Office Protocol 3) atau IMAP (Internet Message Access Protocol) digunakan untuk mengambil email dari server melalui alamat IP.
- File Sharing (FTP): Protokol FTP (File Transfer Protocol) digunakan untuk mentransfer file antara perangkat melalui jaringan. Dalam hal ini, alamat IP digunakan untuk mengarahkan transfer file.
- Remote Access (SSH, Telnet): Protokol SSH (Secure Shell) dan Telnet memungkinkan Anda untuk mengakses perangkat lain secara remote melalui jaringan menggunakan alamat IP. Ini berguna untuk administrasi jarak jauh atau debugging.
- Online Gaming: Saat Anda bermain game online, perangkat Anda berkomunikasi dengan server game melalui alamat IP. Ini memungkinkan Anda untuk bermain dengan pemain lain dari seluruh dunia.
- Video Streaming (RTSP, RTP): Protokol RTSP (Real-Time Streaming Protocol) dan RTP (Real-Time Transport Protocol) digunakan untuk streaming video secara real-time melalui internet atau jaringan lokal menggunakan alamat IP.
- VoIP (Voice over IP): Dalam layanan VoIP, seperti panggilan telepon melalui internet, protokol IP digunakan untuk mengirimkan paket suara antara pengirim dan penerima melalui alamat IP.

- Network Printing (IPP): Protokol IPP (Internet Printing Protocol) digunakan untuk mencetak dokumen melalui jaringan menggunakan alamat IP.
- Network Time Synchronization (NTP): Protokol NTP (Network Time Protocol) digunakan untuk mengatur dan menyinkronkan waktu di seluruh jaringan menggunakan alamat IP.
- Network Monitoring (SNMP): Protokol SNMP (Simple Network Management Protocol) digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang perangkat jaringan dan mengelola jaringan melalui alamat IP.

Ini hanya beberapa contoh penggunaan protokol IPv4 dalam berbagai aspek komunikasi dan interaksi di dunia digital. Meskipun IPv6 telah diperkenalkan untuk mengatasi masalah kehabisan alamat IP, IPv4 masih luas digunakan di seluruh dunia dan menjadi bagian integral dari infrastruktur internet.

B. IPv6 (Internet Protocol version 6):

Karena semakin sedikitnya alamat IPv4 yang tersedia, IPv6 diperkenalkan sebagai solusi untuk mengatasi masalah kehabisan alamat IP. IPv6 diperkenalkan pada tahun 1998 dan memiliki format alamat yang berbeda dari IPv4. Alamat IPv6 terdiri dari delapan blok heksadesimal yang dipisahkan oleh titik dua, seperti 2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334. Ini menghasilkan total alamat yang jauh lebih besar, hampir tidak terbatas dalam praktiknya.

Keunggulan IPv6:

- Ketersediaan alamat IP yang sangat luas, mengatasi masalah kehabisan alamat IPv4.
- Fitur keamanan yang lebih kuat dan privasi yang lebih baik.
- Dukungan untuk berbagai macam perangkat dan teknologi terbaru.

Keterbatasan IPv6:

- Memerlukan upgrade dan kompatibilitas dengan perangkat dan jaringan yang sudah ada.
- Proses migrasi dari IPv4 ke IPv6 dapat rumit dan membutuhkan koordinasi yang baik.

IPv6 (Internet Protocol version 6) adalah protokol jaringan yang memungkinkan komunikasi dan pertukaran data antara perangkat yang terhubung ke internet. IPv6 memecahkan masalah kehabisan alamat IP yang ditemui dalam versi sebelumnya (IPv4) dengan menggunakan format alamat yang lebih panjang. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan protokol IPv6:

- Browsing Web (HTTP): Sama seperti pada IPv4, saat Anda mengakses situs web, protokol HTTP (Hypertext Transfer Protocol) digunakan untuk mengirimkan permintaan dan menerima halaman web melalui alamat IPv6.
- Email (SMTP, POP3, IMAP): Protokol seperti SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), POP3 (Post Office Protocol 3), dan IMAP (Internet Message Access Protocol) digunakan dalam layanan email dengan menggunakan alamat IPv6.
- File Sharing (FTP): Penggunaan protokol FTP (File Transfer Protocol) untuk mentransfer file antara perangkat juga memungkinkan melalui alamat IPv6.
- Remote Access (SSH, Telnet): Layanan SSH (Secure Shell) dan Telnet memungkinkan akses jarak jauh ke perangkat menggunakan alamat IPv6.
- Online Gaming: Saat bermain game online, protokol IP digunakan untuk komunikasi antara perangkat. Dalam penggunaan IPv6, alamat IP versi 6 digunakan.
- Video Streaming (RTSP, RTP): Layanan streaming video real-time menggunakan protokol RTSP (Real-Time Streaming Protocol) dan RTP (Real-Time Transport Protocol) melalui alamat IPv6.
- VoIP (Voice over IP): Dalam layanan VoIP, seperti panggilan suara melalui internet, protokol IP digunakan untuk mentransfer paket suara melalui alamat IPv6.
- Network Printing (IPP): Layanan pencetakan jaringan menggunakan protokol IPP (Internet Printing Protocol) dengan alamat IPv6.
- Network Time Synchronization (NTP): Protokol NTP (Network Time Protocol) tetap digunakan untuk menyinkronkan waktu di jaringan melalui alamat IPv6.
- Network Monitoring (SNMP): Protokol SNMP (Simple Network Management Protocol) digunakan untuk pengelolaan jaringan dan pengumpulan informasi perangkat melalui alamat IPv6.
- IoT (Internet of Things): IPv6 sangat penting dalam IoT karena jumlah perangkat yang terhubung dapat sangat besar. IPv6 memberikan alamat yang lebih dari cukup untuk mengakomodasi perangkat IoT yang berjumlah besar.
- Mobile Networks: IPv6 sering digunakan dalam jaringan seluler karena pertumbuhan perangkat terhubung seperti smartphone dan tablet.

Penting untuk diingat bahwa meskipun IPv6 memungkinkan lebih banyak alamat IP, banyak dari protokol dan layanan yang digunakan di IPv4 juga dapat diterapkan di IPv6. Seiring dengan berkembangnya teknologi dan penggunaan IPv6, protokol ini terus berperan dalam mendukung konektivitas di era digital.

Cara Kerja IP:

Protokol IP bekerja sebagai pengantar pengiriman paket data di jaringan. Setiap perangkat yang terhubung ke jaringan memiliki alamat IP unik yang memungkinkannya diidentifikasi di seluruh jaringan. Ketika data dikirim melalui jaringan, data tersebut dipecah menjadi paket-paket kecil. Setiap paket diberi label dengan alamat sumber dan tujuan, sehingga router di seluruh jaringan dapat mengarahkan paket melalui jalur yang paling efisien.

Ketika paket data mencapai tujuan akhirnya, mereka diatur kembali menjadi data yang lengkap. Jika data terlalu besar untuk dikirimkan dalam satu paket, protokol lain seperti Transmission Control Protocol (TCP) atau User Datagram Protocol (UDP) dapat digunakan untuk memecah data menjadi beberapa paket dan memastikan bahwa data tersebut tiba dengan benar dan dalam urutan yang tepat.

Kesimpulan:

Protokol Internet Protocol (IP) adalah dasar dari komunikasi jaringan di seluruh dunia. Melalui pengalamatan unik, pemecahan data menjadi paket, dan routing yang efisien, IP memungkinkan perangkat yang berbeda berkomunikasi dan berbagi data di seluruh internet dan jaringan komputer. Dengan semakin berkembangnya teknologi dan jumlah perangkat terhubung, IP terus menjadi faktor kunci dalam memungkinkan konektivitas global.

3.3 Jaringan GSM dan Wifi

Jaringan GSM (Global System for Mobile Communications) dan Wi-Fi (Wireless Fidelity) adalah dua teknologi komunikasi nirkabel yang memiliki peran penting dalam menghubungkan perangkat dan memungkinkan akses ke internet.

Meskipun keduanya adalah teknologi nirkabel, mereka memiliki tujuan dan karakteristik yang berbeda. Berikut adalah perbandingan antara jaringan GSM dan Wi-Fi:

Jaringan GSM

Jaringan GSM adalah teknologi telekomunikasi seluler yang digunakan untuk komunikasi suara dan data melalui ponsel dan perangkat bergerak lainnya. Ini adalah teknologi yang paling umum digunakan di seluruh dunia untuk telepon seluler. Jaringan GSM mencakup area yang luas melalui sel-sel seluler atau menara sinyal. Cakupan dapat mencakup wilayah yang luas, termasuk area perkotaan dan pedesaan. Jaringan GSM dirancang khusus untuk komunikasi suara. Namun, dengan perkembangan teknologi, GSM juga mendukung layanan data seperti SMS (Short Message Service) dan GPRS (General Packet Radio Service) yang lebih lambat. GSM memiliki kecepatan data yang lebih lambat dibandingkan dengan teknologi nirkabel

modern lainnya seperti 3G, 4G, atau 5G. Jaringan GSM memungkinkan mobilitas yang tinggi, yang berarti Anda dapat melakukan panggilan saat berpindah dari satu sel ke sel lainnya tanpa gangguan signifikan. Jaringan GSM umumnya lebih aman daripada Wi-Fi karena menggunakan enkripsi untuk melindungi panggilan suara dan data.

Wi-Fi

Wi-Fi adalah teknologi nirkabel yang memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan lokal atau internet tanpa menggunakan kabel fisik. Ini digunakan untuk menghubungkan perangkat seperti smartphone, laptop, tablet, dan perangkat lain ke jaringan rumah, kantor, atau tempat umum. Wi-Fi memiliki cakupan yang lebih terbatas dibandingkan dengan jaringan seluler. Biasanya hanya mencakup area tertentu, seperti rumah, kantor, atau tempat umum seperti kafe atau bandara. Wi-Fi dapat digunakan untuk berbagai layanan, termasuk akses internet, panggilan suara (melalui aplikasi VoIP), dan transfer data berkecepatan tinggi. Wi-Fi biasanya memiliki kecepatan data yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan jaringan GSM atau bahkan 4G dalam beberapa kasus. Wi-Fi memungkinkan mobilitas dalam jangkauan jaringan Wi-Fi. Namun, saat Anda keluar dari area cakupan Wi-Fi, Anda akan kehilangan koneksi. Keamanan Wi-Fi bergantung pada konfigurasi dan enkripsi yang digunakan. Wi-Fi memiliki potensi lebih besar untuk rentan terhadap serangan keamanan jika tidak diatur dengan benar.

Jaringan GSM dan Wi-Fi memiliki peran yang berbeda dalam ekosistem komunikasi nirkabel. Jaringan GSM digunakan untuk komunikasi seluler suara dan data di seluruh dunia, sementara Wi-Fi digunakan untuk menghubungkan perangkat ke jaringan lokal atau internet dalam area yang lebih terbatas. Keduanya memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing, dan sering digunakan bersamaan untuk menyediakan konektivitas yang komprehensif.

3.4 Cloud Server

Cloud server adalah bentuk infrastruktur komputasi awan yang menyediakan sumber daya komputasi, seperti pemrosesan, penyimpanan, dan jaringan, melalui internet. Ini memungkinkan organisasi atau individu untuk menyewa sumber daya komputasi dari penyedia layanan cloud untuk menjalankan aplikasi, menyimpan data, atau melakukan tugas komputasi lainnya tanpa harus memiliki atau mengelola perangkat keras fisik secara langsung.

Konsep cloud server berdasarkan pada virtualisasi, di mana sumber daya fisik dari beberapa server fisik dibagi-bagi menjadi lingkungan virtual yang terisolasi. Ini memungkinkan berbagai pelanggan atau pengguna untuk berbagi sumber daya yang sama secara efisien dan aman, tetapi dalam lingkungan yang terpisah.

Beberapa fitur utama dari cloud server meliputi:

- **Elastisitas:** Cloud server memungkinkan pengguna untuk dengan mudah meningkatkan atau mengurangi kapasitas sumber daya sesuai dengan kebutuhan. Ini memberikan fleksibilitas untuk mengatasi lonjakan lalu lintas atau memperluas layanan dengan cepat.
- **Skalabilitas:** Kemampuan untuk menambahkan atau mengurangi sumber daya komputasi secara dinamis memungkinkan pengguna untuk mengatasi perubahan kebutuhan bisnis dengan mudah, tanpa harus menginvestasikan dalam perangkat keras fisik tambahan.
- **Pembayaran Berbasis Penggunaan:** Layanan cloud sering kali dikenakan biaya berdasarkan penggunaan aktual, yang memungkinkan pengguna untuk membayar hanya untuk sumber daya yang benar-benar mereka gunakan.
- **Akses Jarak Jauh:** Cloud server dapat diakses dari mana saja dengan koneksi internet. Ini memungkinkan tim yang tersebar geografis untuk bekerja bersama dan mengakses sumber daya yang sama.
- **Pengelolaan Tidak Langsung:** Penyedia layanan cloud bertanggung jawab atas pengelolaan perangkat keras fisik dan infrastruktur dasar. Pengguna fokus pada pengelolaan dan konfigurasi lingkungan virtual mereka.
- **Redundansi dan Keandalan:** Penyedia layanan cloud sering memiliki fasilitas data center yang tahan bencana dan dilengkapi dengan sistem redundansi untuk menjaga ketersediaan layanan yang tinggi.
- **Berbagai Jenis Layanan:** Cloud server mencakup berbagai jenis layanan, termasuk server virtual, server bare metal, serta opsi penyimpanan dan jaringan yang berbeda.

Cloud Server dalam konteks Internet of Things (IoT) mengacu pada infrastruktur komputasi awan yang digunakan untuk mengelola, menyimpan, dan menganalisis data yang dihasilkan oleh perangkat IoT. IoT melibatkan koneksi dan interaksi antara berbagai perangkat fisik yang terhubung ke internet, seperti sensor, perangkat pintar, kendaraan, dan banyak lagi. Data yang dihasilkan oleh perangkat IoT ini seringkali sangat besar dalam jumlahnya dan memerlukan tempat penyimpanan dan pemrosesan yang skalabel dan efisien. Inilah tempat peran Cloud Server IoT masuk.

Cloud Server IoT menyediakan lingkungan yang terkendali dan aman di mana data dari perangkat IoT dapat dikumpulkan, disimpan, dianalisis, dan dieksekusi. Berikut adalah beberapa komponen dan konsep yang terkait dengan Cloud Server IoT:

- **Data Collection:** Perangkat IoT mengumpulkan data dari berbagai sensor dan perangkat terhubung. Data ini dapat berupa informasi tentang lingkungan, kesehatan perangkat, keadaan operasional, dan banyak lagi.
- **Data Streaming:** Data yang dihasilkan oleh perangkat IoT seringkali disiarkan (streamed) secara kontinu ke cloud server untuk diolah dan dianalisis secara real-time.
- **Data Storage:** Cloud Server IoT menyediakan ruang penyimpanan yang dapat diakses dari mana saja melalui internet. Data IoT disimpan dalam database atau sistem penyimpanan lainnya, memungkinkan untuk analisis lebih lanjut atau pengambilan data di masa depan.
- **Data Processing:** Analisis data yang dilakukan pada Cloud Server IoT dapat membantu menghasilkan wawasan yang berguna. Ini dapat mencakup analisis pola, deteksi anomali, atau pengambilan keputusan berdasarkan data.
- **Scalability:** Cloud Server IoT memungkinkan skalabilitas yang mudah, yang berarti kapasitas sumber daya komputasi dan penyimpanan dapat ditingkatkan atau dikurangi sesuai dengan kebutuhan yang berubah.
- **Security:** Karena data IoT seringkali sensitif dan berharga, keamanan merupakan aspek penting dalam Cloud Server IoT. Teknologi keamanan dan enkripsi digunakan untuk melindungi data dari ancaman keamanan.
- **APIs and Integration:** Cloud Server IoT biasanya menyediakan antarmuka pemrograman aplikasi (API) yang memungkinkan pengembang untuk mengintegrasikan perangkat IoT dengan layanan cloud, mengambil dan mengirimkan data, serta mengendalikan perangkat dari jarak jauh.
- **Remote Management:** Cloud Server IoT memungkinkan pengelolaan dan pemantauan perangkat IoT dari jarak jauh. Ini dapat membantu dalam pemeliharaan, konfigurasi, atau penanganan masalah tanpa harus berada di lokasi fisik perangkat.
- **Cost Efficiency:** Dengan menggunakan Cloud Server IoT, perusahaan dan individu dapat menghindari biaya besar untuk infrastruktur sendiri. Biaya operasional dan perawatan dapat lebih efisien.

Secara keseluruhan, Cloud Server IoT adalah elemen kunci dalam memungkinkan penggunaan data yang efisien dan bermanfaat dari perangkat IoT. Ini memberikan kemampuan untuk mengelola dan menganalisis data dalam skala besar, yang pada gilirannya memberikan wawasan yang lebih dalam dan informasi yang berharga bagi organisasi dan pengguna akhir.

Thingspeak

Di era yang didominasi oleh Internet of Things (IoT), data telah menjadi sumber daya berharga yang mendorong inovasi dan pengambilan keputusan yang tepat. Di tengah lanskap ini, ThingSpeak telah muncul sebagai platform kuat yang memberdayakan individu dan organisasi untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT. Esai ini mengeksplorasi pentingnya ThingSpeak di ranah IoT, mempelajari fitur, aplikasi, dan dampaknya terhadap wawasan berbasis data.

ThingSpeak, dikembangkan oleh MathWorks, adalah platform analitik IoT yang berfungsi sebagai jembatan antara dunia fisik dan dunia digital. Ini memberi pengguna kemampuan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyajikan data dari berbagai perangkat IoT secara real time. Layanan berbasis cloud ini menawarkan antarmuka yang ramah pengguna untuk mengelola dan memvisualisasikan aliran data, menjadikannya alat yang berharga bagi para penggemar dan profesional yang bekerja dengan teknologi IoT⁸.



Figure 3.2. Thingspeak Interface (source: <https://thingspeak.com>)

Fitur dan Fungsi:

- Pengumpulan Data: ThingSpeak memungkinkan pengguna membuat saluran untuk mengumpulkan data dari sensor, perangkat, dan aplikasi.

⁸ Paduloh Paduloh and Rifki Muhendra, "Overheat Protection for Motor Crane Hoist Using Internet of Things," *International Journal of Computer Applications in Technology* 68, no. 4 (2022).

Saluran ini dapat dikonfigurasi untuk menerima data dari berbagai sumber, seperti sensor suhu, perangkat GPS, atau sensor IoT lainnya.

- **Visualisasi Data:** Platform ini menyediakan alat untuk membuat visualisasi yang disesuaikan, termasuk bagan, grafik, pengukur, dan peta. Visualisasi ini memungkinkan pengguna untuk menafsirkan tren dan pola data dengan cepat.
- **Analisis Real-Time:** Kemampuan pemrosesan real-time ThingSpeak memungkinkan pengguna untuk melakukan analitik pada aliran data yang masuk. Hal ini memungkinkan untuk wawasan langsung dan tanggapan cepat terhadap kondisi yang berubah.
- **Peringatan dan Pemberitahuan:** Pengguna dapat mengatur peringatan dan pemberitahuan berdasarkan kondisi atau ambang batas tertentu. Ketika data memenuhi kriteria yang telah ditentukan, platform dapat mengirimkan notifikasi melalui email, SMS, atau bahkan media sosial.
- **Berbagi Data:** ThingSpeak memungkinkan untuk berbagi data dengan pengguna lain atau secara publik. Fitur ini sangat berguna untuk proyek kolaborasi, penelitian, dan berbagi data publik.
- **Integrasi:** ThingSpeak mendukung integrasi dengan platform IoT lainnya, seperti Arduino, Raspberry Pi, dan Particle. Interoperabilitas ini meningkatkan keserbagunaan dan kemudahan penggunaan platform.

Aplikasi ThingSpeak:

- **Pemantauan Lingkungan:** ThingSpeak dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, kualitas udara, dan lainnya. Data yang dikumpulkan dari berbagai lokasi dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren dan pola terkait perubahan iklim.
- **Pertanian:** Petani dapat memanfaatkan ThingSpeak untuk memantau kelembapan tanah, kondisi cuaca, dan kesehatan tanaman. Pendekatan berbasis data ini meningkatkan efisiensi irigasi dan meningkatkan hasil panen.
- **Kota Cerdas:** ThingSpeak dapat membantu menciptakan solusi kota cerdas, seperti memantau arus lalu lintas, ketersediaan tempat parkir, pengelolaan limbah, dan kualitas udara.
- **Perawatan Kesehatan:** Di sektor perawatan kesehatan, ThingSpeak dapat mengumpulkan data dari perangkat kesehatan yang dapat dipakai, memungkinkan pemantauan tanda vital dan kondisi kesehatan pasien secara real-time.

- Industrial IoT (IIoT): Produsen dapat menggunakan ThingSpeak untuk memantau kinerja mesin, memprediksi kebutuhan perawatan, dan mengoptimalkan proses produksi.

Kemampuan ThingSpeak untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memvisualisasikan data dari berbagai perangkat IoT berdampak besar pada wawasan berbasis data. Dengan memanfaatkan kekuatan analitik real-time, pengguna dapat segera mengambil keputusan berdasarkan informasi. Organisasi dapat mengidentifikasi inefisiensi operasional, memprediksi kegagalan peralatan, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya berdasarkan tren dan pola yang diamati dalam data.

ThingSpeak memainkan peran penting dalam lanskap IoT dengan menyediakan platform yang mudah digunakan untuk pengumpulan, analisis, dan visualisasi data. Fitur-fiturnya memberdayakan individu dan organisasi untuk memanfaatkan kekuatan data yang dihasilkan IoT, yang mengarah pada pengambilan keputusan yang terinformasi, peningkatan efisiensi, dan inovasi di berbagai industri. Saat dunia semakin terhubung melalui IoT, platform seperti ThingSpeak berperan penting dalam membuka potensi penuh wawasan berbasis data.

MQTT Cloud

MQTT Cloud adalah konsep yang menggabungkan protokol komunikasi MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) dengan teknologi cloud computing. MQTT adalah protokol ringan yang dirancang khusus untuk komunikasi antara perangkat yang terhubung ke internet, seperti perangkat IoT (Internet of Things). Dalam konteks MQTT Cloud, protokol MQTT digunakan untuk menghubungkan perangkat IoT dengan layanan cloud, memungkinkan data yang dihasilkan oleh perangkat tersebut dikirimkan ke cloud untuk penyimpanan, analisis, dan pemrosesan lebih lanjut.

Bagaimana MQTT Cloud Bekerja:

- Perangkat IoT: Perangkat seperti sensor, perangkat pintar, atau peralatan industri yang dilengkapi dengan protokol MQTT dapat mengirimkan data ke broker MQTT. Data ini dapat mencakup informasi tentang suhu, kelembaban, lokasi, dan lainnya, tergantung pada jenis perangkat.
- MQTT Broker: Broker MQTT bertindak sebagai pusat penghubung di dalam arsitektur. Ini menerima data yang dikirimkan oleh perangkat IoT dan mendistribusikannya ke klien yang tertarik untuk menerima data tersebut.
- Klien MQTT: Klien MQTT adalah aplikasi atau sistem yang berlangganan untuk menerima data dari broker. Dalam konteks MQTT Cloud, klien MQTT

dapat berupa komponen yang terhubung ke layanan cloud untuk mengambil data dari broker.

- Cloud Services: Layanan cloud, seperti platform IoT atau sistem penyimpanan data, dapat berperan sebagai klien MQTT yang berlangganan untuk menerima data dari broker. Data yang diterima dapat disimpan dalam basis data, dianalisis, atau digunakan untuk memicu tindakan lebih lanjut.

Keuntungan MQTT Cloud:

- Real-Time Monitoring: Dengan menggunakan MQTT Cloud, data yang dihasilkan oleh perangkat IoT dapat dikirimkan ke cloud secara real-time. Ini memungkinkan pemantauan yang cepat dan respons instan terhadap perubahan kondisi.
- Skalabilitas: MQTT Cloud memungkinkan skalabilitas yang mudah. Data dari ribuan atau bahkan jutaan perangkat IoT dapat diarahkan ke layanan cloud untuk pengolahan tanpa masalah.
- Data Analytics: Data yang dikirimkan ke cloud melalui MQTT dapat diolah dan dianalisis dalam skala yang lebih besar. Ini memungkinkan pengambilan wawasan yang lebih dalam dari data yang dihasilkan oleh perangkat IoT.
- Remote Control: MQTT Cloud juga memungkinkan kontrol jarak jauh terhadap perangkat IoT. Anda dapat mengirimkan perintah ke perangkat untuk mengaktifkan atau menonaktifkan fitur atau tindakan tertentu.
- Integration with Cloud Services: Data yang diterima di layanan cloud dapat diintegrasikan dengan layanan lain seperti penyimpanan data, analitik, atau bahkan solusi kecerdasan buatan.

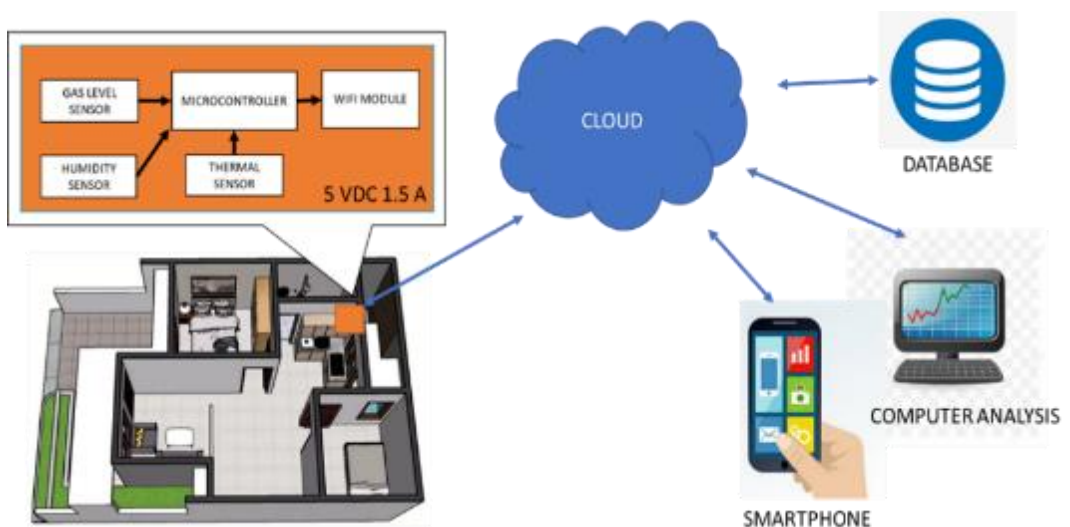
Contoh Penggunaan MQTT Cloud:

Misalkan Anda memiliki jaringan sensor suhu yang terpasang di beberapa lokasi. Sensor ini mengirimkan data suhu secara periodik melalui protokol MQTT. Data ini diarahkan ke broker MQTT, dan broker mengirimkannya ke layanan cloud yang berperan sebagai klien MQTT. Layanan cloud kemudian dapat menyimpan data suhu dalam basis data, membuat visualisasi grafik, dan mengirimkan pemberitahuan jika suhu melebihi ambang batas tertentu.

MQTT Cloud memungkinkan perangkat IoT untuk terhubung dan berkomunikasi dengan layanan cloud, memungkinkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data secara efisien. Dengan menggabungkan kelebihan protokol MQTT dalam komunikasi perangkat dengan kemampuan cloud computing, MQTT Cloud memainkan peran penting dalam ekosistem Internet of Things, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan respons yang lebih cepat terhadap data yang dihasilkan oleh perangkat IoT.

3.5 Sistem pengukur kebocoran gas berbasis Thingspeak

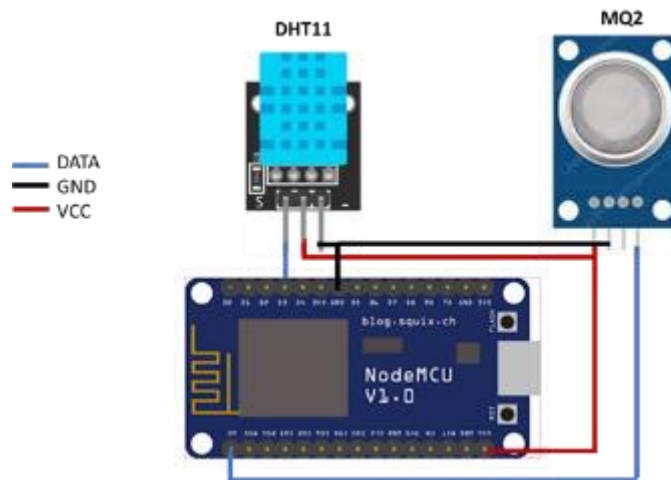
Perancangan sistem ini terdiri dari tiga tahapan utama yaitu perancangan perangkat keras sensor api berdaya rendah, sistem komunikasi berbasis IoT cloud, dan notifikasi bahaya kebakaran menggunakan messenger cloud, seperti terlihat pada Gambar 3.3. Sistem ini dapat mengukur nilai suhu, kelembaban, dan tingkat gas lingkungan. Nilai-nilai tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk kemudian dikirimkan ke cloud computing di internet. Cloud komputasi ini berupa server web IoT yang dapat menampilkan nilai pengukuran secara real-time dan menganalisis data. Jika sensor mendeteksi adanya potensi kebakaran berdasarkan nilai suhu, kelembaban, dan level gas, sensor akan mengirimkan notifikasi ke cloud messenger.



Gambar 3.3. Arsitektur Sistem pengukur kebocoran gas

Secara umum, perangkat keras sensor IoT dan Cloud Messenger terdiri dari 3 komponen: sensor suhu dan kelembaban, sensor level gas, dan modul mikrokontroler + Wi-Fi. Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan pada sistem ini adalah modul sensor DHT11. DHT11 bekerja untuk mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan, yang meliputi termistor tipe NTC (Negative Temperature Coefficient) untuk mengukur suhu, sensor kelembaban dengan karakteristik resistif terhadap perubahan kandungan udara. Sensor di udara, sebuah chip di dalamnya melakukan beberapa konversi Analog ke digital dan mengeluarkan output dalam format dua arah kabel tunggal. DHT11 bekerja pada tegangan 3v ke 5v dengan konsumsi arus maksimum 2,5mA saat digunakan selama konversi (saat meminta data). Sensor level gas yang digunakan pada sistem ini adalah modul

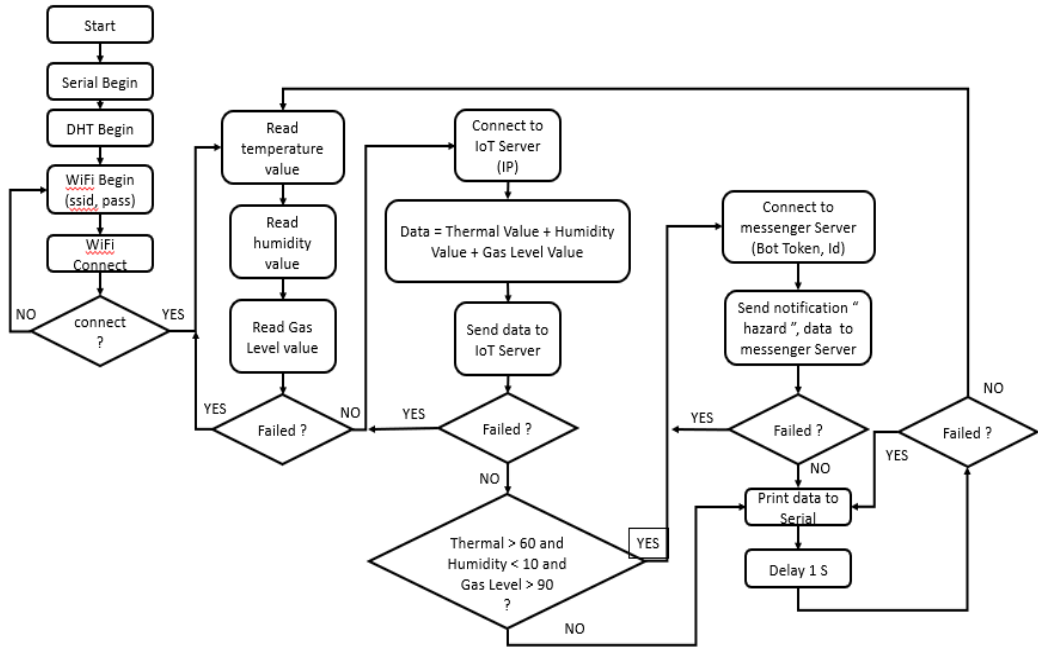
sensor MQ2. MQ2 merupakan sensor MQ-2 merupakan sensor yang peka terhadap asap rokok.



Gambar 3.4 Rangkaian sensor

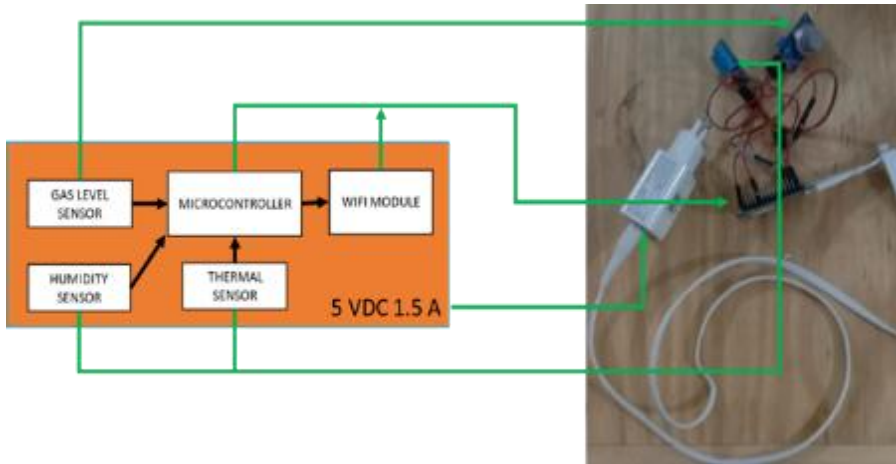
Bahan utama sensor ini adalah SnO₂ dengan konduktivitas rendah di udara bersih. Jika terjadi kebocoran maka konduktivitas gas sensor menjadi lebih tinggi, dengan setiap kenaikan konsentrasi gas maka konduktivitas sensor juga meningkat. Sensor MQ-2 peka terhadap gas LPG, Propana, Hidrogen, Karbon Monoksida, Metana dan Alkohol, dan gas mudah terbakar lainnya di udara. MQ2 bekerja pada tegangan 5 V dengan konsumsi arus kecil 150 mA. NodeMCU merupakan board ESP8266 yang berfungsi sebagai mikrokontroler dan juga modul komunikasi berbasis Wi-Fi. ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang berfungsi sebagai mikrokontroler tambahan seperti Arduino untuk terhubung langsung ke Wi-Fi dan melakukan koneksi TCP/IP. Modul Wi-Fi serbaguna ini sudah SoC (System on Chip), jadi kita bisa melakukan pemrograman langsung ke ESP8266 tanpa perlu mikrokontroler tambahan. NodeMCU beroperasi pada 3,3 V dan mengkonsumsi arus tidak lebih dari 150 mA.

NodeMCU merupakan pusat pemrosesan dan komunikasi dalam sistem yang dibangun. NodeMCU diprogram menggunakan Arduino IDE untuk dapat membaca sensor, mengolah data dan mengirimkan data ke cloud IoT, serta mengirimkan notifikasi ke cloud messenger. Flowchart algoritma pemrograman NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 3.5.



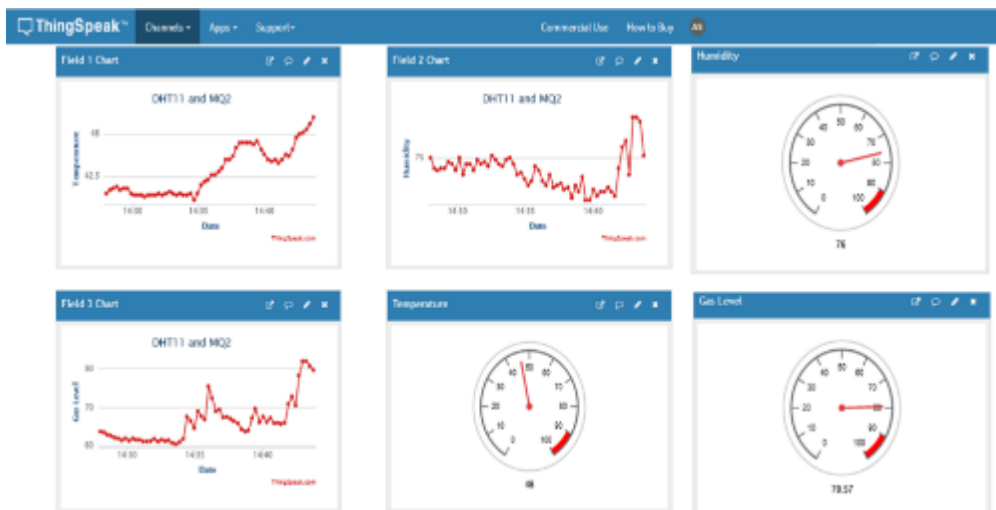
Gambar 3.5 Alur pemrograman system kebocoran Gas

Wujud fisik perangkat sensor berbasis IoT dan cloud messenger dapat dilihat pada Gambar 3.6. Perangkat sensor ini dibekali dengan adaptor 5 VDC dengan arus maksimal 1,5 A. Nilai suplai ini dapat tergolong low power karena memiliki daya yang rendah. nilai tegangan dan arus namun tetap dapat memenuhi kebutuhan operasional alat sensor. Setiap sensor juga bekerja pada tegangan 5 VDC yang diambil dari pin Vin NodeMCU, sedangkan sensor ground akan dihubungkan ke ground NodeMCU. Pin data sensor suhu dan kelembaban dihubungkan ke salah satu pin digital dan pin data sensor level gas dihubungkan ke pin analog NodeMCU. Selain mengukur nilai sensor, NodeMCU juga melakukan pemrosesan dan pengiriman data ke cloud computing dan notifikasi berbasis cloud messenger menggunakan protokol IP open-source untuk modul Wi-Fi. Pengumpulan data dari sensor dan pengiriman data ke cloud computing diulang setiap 15 detik. Sedangkan pengiriman notifikasi potensi kebakaran hanya dilakukan jika memenuhi kondisi seperti yang dijelaskan pada algoritma pemrograman.



Gambar 3.6 bentuk fisik rangkaian sensor kebocoran gas

Tampilan monitoring sistem deteksi kebakaran real time yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.7. Secara umum tampilan ini terbagi menjadi dua bagian yaitu tampilan dalam bentuk grafik dan meter. Tampilan berupa grafik digunakan untuk melihat perubahan nilai sensor berdasarkan waktu penerimaan data. Hal ini dapat membantu pengguna untuk menginterpretasikan keadaan lingkungan di sekitar pemasangan perangkat sensor. Tampilan berupa meteran memperjelas pembacaan pengguna saat terakhir kali data diterima. Tampilan meteran ini dapat diatur sesuai dengan nilai ambang batas masing-masing sensor. Misalnya gas level meter yang kisarannya di atas nilai 90 dapat dikategorikan sebagai hazard.



Gambar 3.6 Visualisasi data di Thingspeak

DAFTAR PUSTAKA

- Hwang, H.C., J.S. Park, and J.G. Shon. "Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT." *Wireless Personal Communications* 91, no. 4 (2016).
- Muhendra, Rifki. "Jaringan Sensor Nirkabel: Studi Dan Evaluasi Kinerja LoRa Transmitter Dan Long Range Radio Frekuensi (RF) Pada Luar Ruang." *Jurnal Jaring SainTek* 3, no. 1 (2021).
- Muhendra, Rifki, and Aisyah Amin. "Real-Time Monitoring: Development of Low Power Fire Detection System for Dense Residential Housing Based on Internet of Things (IoT) and Cloud Messenger." *Scientific Journal of Informatics* 8, no. 2 (2021).
- Muhendra, Rifki, and Yudha Hamdi Arzi. "Development of Street Lights Controller Using Wifi Mesh Network." *2017 International Conference on Smart Cities, Automation & Intelligent Computing Systems (ICON-SONICS)* (November 2017): 105–109. <http://ieeexplore.ieee.org/document/8267830/>.
- Muhendra, Rifki, Husein, Maman Budiman, and Khairurrijal. "Development of Digital Water Meter Infrastructure Using Wireless Sensor Networks." *AIP Conference Proceedings* 1746 (2016): 1–7.
- Nho, Young Hoon, Jong Gwan Lim, and Dong Soo Kwon. "Cluster-Analysis-Based User-Adaptive Fall Detection Using Fusion of Heart Rate Sensor and Accelerometer in a Wearable Device." *IEEE Access* 8 (2020).
- Paduloh, Paduloh, and Rifki Muhendra. "Overheat Protection for Motor Crane Hoist Using Internet of Things." *International Journal of Computer Applications in Technology* 68, no. 4 (2022).
- Santi, Paolo. "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks." *ACM Computing Surveys* (2005).

BIOGRAFI PENULIS



Data Pribadi

Nama : Rifki Muhendra, S.Si., M.Si

No Telepon/ Email : 085311428203 / rifki.muhendra@dsn.ubharajaya.ac.id

Spesialisasi : Embedded system, Internet of Thing (IoT), Wireless Sensor Networks (WSN)

Pendidikan

- Sarjana Fisika dari Universitas Andalas tahun 2010
- Magister Fisika dari Institut Teknologi Bandung 2013

Karir

- Dosen Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
- PT Multi Teknindo Infrontronika
- Dosen Teknik Fisika UMN

Publikasi

- Muhendra, R. (2023). Development of Non-Intrusive Low-Power Digital Water Meter Reading System Based on Wireless Mesh Network and

Internet of Things. Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI, 12(1).

- Paduloh, P., & Muhendra, R. (2022). Overheat protection for motor crane hoist using internet of things. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 68(4), 332-344.
- Muhendra, R. (2022). Development of Graduation Prediction Model for Industrial Engineering Students Using Decision Tree. *JMSP (Jurnal Manajemen dan Supervisi Pendidikan)*, 6(2), 59-68.
- Muhendra, R., & Amin, A. (2021). Real-Time Monitoring: Development of Low Power Fire Detection System for Dense Residential Housing Based on Internet of Things (IoT) and Cloud Messenger. *Scientific Journal of Informatics*, 8(2), 202-212