

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Pada penelitian Iwan Muhammad dkk, pada tahun 2009 meneliti tentang “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN)”. Pengujian ini dilakukan secara *online* dengan hanya memonitoring kualitas udara menggunakan *Wireless sensor network* dengan parameter udara yang diukur yaitu CO (karbon monoksida), dan CO<sub>2</sub> (karbon dioksida) serta suhu dan kelembaban udara. Hasil dari penelitian ini memakan waktu cukup lama karena dilakukan secara *kontinyu* dan sistem monitoring pada penelitian ini terdiri dari 1 *node gateway*, 4 *node sensor* dan 1 *base station controller* [5].

Pada penelitian Dian Udawan pada tahun 2014, meneliti tentang “Distribusi Spasial Karbon Monoksida Ambien di Lingkungan Kampus Universitas Gadjah Mada Yogyakarta”. Dimana penelitian ini berfokus pada faktor pencemaran udara yang dihasilkan oleh gas buang dari kendaraan bermotor, faktor iklim, serta penggunaan lahan yang menghasilkan CO (Karbon monoksida) menggunakan CO *analyzer* atau karbon monoksida untuk mengukur kadar CO serta *weather* meter sebagai pengukur suhu, kelembaban dan kecepatan udara. Penelitian ini dilakukan di area kampus universitas gadjah mada yogyakarta. Hasil dari penelitian ini mengetahui bahwa kendaraan bermotor memiliki pengaruh besar terhadap penghasil karbon monoksida pada udara [6].

Pada penelitian Ramdan Satra dkk, pada April 2016 meneliti tentang “Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol *Zigbee* Dengan Sensor CO”. Penelitian ini menggunakan protokol *zigbee* sebagai media transmisi nirkabel, selain itu penelitian ini juga menggunakan *arduino* dengan *socket xbee* dan sensor MQ – 9 sebagai stasiun *node*. Hasil dari penelitian ini menciptakan suatu *prototype* sistem monitoring tingkat pencemaran udara dengan berbasis protokol *zigbee*, kemudian mengirimkan hasil data dari *client* ke *server raspberry pi* [7].

Pada penelitian Yasir Arafat dkk, pada Juli tahun 2020 meneliti tentang “Desain dan implementasi *Wireless Sensor Network* menggunakan LoRa untuk pemantauan tingkat pencemaran udara di Kota Surabaya”. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengukur tingkat pencemaran udara seperti CO (*Carbon Monoxide*), SO<sub>2</sub> (*Sulfur Dioxide*), O<sub>3</sub> (*Ozone*), dan NO<sub>2</sub> (*Nitrogen Dioxide*). menggunakan sensor MQ – 7 dan MQ – 135 dengan teknologi *Long-Range* (LoRa), serta memanfaatkan *Wireless Sensor Network* (WSN) sebagai media pengiriman data. Penelitian ini juga mengambil 4 titik wilayah di kota surabaya sebagai tempat pengujian dan 2 indeks ISPU (Indeks Standar Pencemar udara) sebagai *ground truth*. Hasil pengujian pada penelitian menunjukkan sistem yang diusulkan mampu membaca keadaan zat tercemar [8].

Pada penelitian Agus Rianto, pada tahun 2020 meneliti tentang “Perancangan Alat Deteksi Dini Dan Monitoring Polusi Udara Berbasis *Internet of Things* (Iot)”. Penelitian ini menggunakan sensor MQ – 02 yang berfungsi untuk mendeteksi kadar karbon monoksida, penelitian ini juga menggunakan WEMOS D1 sebagai sistem kontrol untuk menampilkan kadar udara berupa grafik secara *real - time*. Alat yang dirancang pada penelitian ini berbasis *Internet of Things* (IoT) karena hasil monitoring dapat ditampilkan apabila tersambung ke jaringan internet. Hasil dari penelitian ini mendapatkan bahwa alarm akan berbunyi jika kadar polusi udara >300 ppm [9].

Pada penelitian terbaru oleh Dendi Kurniawan dkk, pada tahun April 2023 meneliti tentang “Sistem Pemantau Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) Dan Karbon Dioksida (Co2) Menggunakan Sensor MQ – 7 dan MQ – 135 Terintegrasi Dengan Telegram”. Penelitian ini menggunakan Telegram sebagai sumber yang berfungsi menerima notifikasi apabila kandungan nilai gas sudah melebihi batas normal. penelitian ini juga menggunakan sensor MQ – 7 dan MQ – 135 sebagai sensor pemantau gas CO dan CO<sub>2</sub>. LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil hasil data dan *buzzer* sebagai indikator suara. Hasil dari penelitian ini mampu membaca kadar gas CO dan CO<sub>2</sub> di Universitas Lampung dengan pengiriman informasi secara *real* [10].

**Tabel 2.1 Kajian Pustaka**

<b>Penulis</b>	<b>Judul</b>	<b>Tahun</b>	<b>Metode</b>
Iwan Muhammad E, Bambang Sugiarto, Indra Sakti	Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Teknologi <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN)	2009	Menggunakan teknologi <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN), sistem yang dibangun menggunakan komunikasi <i>zigbee</i> . Inputan berupa tampilan visualisasi data di BSC.
Dian Hudawan.	Distribusi Spasial Karbon Monoksida Ambien di Lingkungan Kampus Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	2014	<i>Moving Observation Technique</i>
Ramdan Satra , Abdul Rachman	Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol <i>Zigbee</i> Dengan Sensor CO	2016	Menggunakan sensor MQ – 9 hasil penelitian berupa <i>Prototype</i> Sistem monitoring tingkat pencemaran udara menggunakan protokol <i>zigbee</i> dan dapat mengirimkan data dari <i>client</i> ke server <i>raspberry</i> .
Yasir Arafat, Endang Setyati	Desain dan implementasi <i>Wireless Sensor Network</i> menggunakan LoRa untuk pemantauan tingkat pencemaran	2020	Menggunakan sensor MQ – 7 & MQ – 135 penelitian ini memanfaatkan teknologi <i>Wireless Sensor Network</i> (WSN) dan <i>Long Range</i>

Penulis	Judul	Tahun	Metode
	udara di Kota Surabaya		(LoRa) sebagai media pengirim data.
Agus Rianto	Perancangan Alat Deteksi Dini Dan Monitoring Polusi Udara Berbasis <i>Internet of Things</i> (Iot)	2020	Menggunakan sensor MQ – 2, menggunakan sistem kontrol WEMOS D1 dan menggunakan alarm sebagai <i>outputnya</i> .
Dendi Kurniawan, Sri Ratna Sulistiyanti, Umi Murdika	Sistem Pemantau Kandungan Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) Menggunakan Sensor MQ – 7 dan MQ – 135 Terintegrasi Dengan Telegram	2023	Menggunakan Sensor MQ – 7 Dan MQ – 135 Dengan Menggunakan LCD Dan <i>Buzzer</i> Sebagai <i>Output</i> , serta Terintegrasi dengan Telegram.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Baku Mutu Polusi Udara

Kualitas udara merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia dan dapat dikategorikan sebagai perhatian kesehatan jangka panjang. Terutama di daerah perkotaan karena berdampak langsung terhadap masyarakat untuk kesehatan dan kenyamanan kota. Berbagai jenis polusi udara dapat dikategorikan dari berbagai sumber yaitu kepadatan transportasi, kegiatan industri, serta aktivitas manusia pada sehari – hari. Sehingga, polusi udara dapat meningkat dan menimbulkan asap transportasi meningkat dua kali lipat pada tahun 2000 dan diperkirakan meningkat 10 kali pada tahun 2020. Kualitas udara adalah salah satu faktor yang wajib dipantau pada lingkungan sekitar. Pada umumnya, pengukuran pencemaran udara

dilakukan setiap 3 bulan sekali untuk mengetahui apakah telah terjadi perubahan atau tingkat pencemaran udara dapat dikatakan baik atau buruk [11].

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) adalah pemantauan status mutu pencemaran udara yang dapat memberikan informasi masyarakat terhadap kualitas udara. Spesifikasi ISPU ini mempertimbangkan tingkat kualitas udara bagi kesehatan dan nilai estetika manusia, hewan, tumbuhan, serta bangunan. Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) ditetapkan berdasarkan lima polutan teratas, yaitu Carbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>), Ozon Permukaan (O<sub>3</sub>), dan Partikel Debu (PM<sub>10</sub>). Negara Indonesia mengatur Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) melalui Keputusan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997 [9].

**Tabel 2.2 Kategori Indeks Standar Pencemaran Udara (Bapeda Nomor KEP-107/Kabapeda/11/1997) [9].**

<b>ISPU (ppm)</b>	<b>Pencemaran Udara Level</b>	<b>Dampak Kesehatan</b>
0 - 50	Baik	Tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan.
51 – 100	Sedang	Tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka.
101 – 199	Tidak Sehat	Bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
200 – 299	Sangat Tidak Sehat	Kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
300 - 500	Berbahaya	Kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak, dan sakit tenggorokan).

Emisi gas buang dari proses pembakaran mesin kendaraan merupakan sumber pencemaran udara. Emisi gas buang yang dihasilkan berupa Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>), Hidrokarbon (HC) dan Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>). Secara umum, bahan bakar mengandung unsur karbon, *hydrogen*, oksigen, nitrogen serta belerang [12].

Untuk menghindari dampak pencemaran udara selain menghilangkan sumbernya, juga dilakukan pemantauan dengan menetapkan nilai ambang batas. Toksisitas suatu zat tergantung pada kualitas dan kuantitas zat tersebut. Dalam jumlah kecil berbahaya saja berbahaya bagi manusia, dan hanya karena kualitasnya cukup untuk membunuh [13].

**Tabel 2.3 Baku mutu udara ambien karbon monoksida (CO) [13].**

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Karbon Monoksida (CO)	1 jam	30.000µg/Nm <sup>3</sup>
	24 jam	10.000µg/Nm <sup>3</sup>

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999 mengenai baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau jumlah zat, energi dan komponen yang ada atau seharusnya ada dan partikel yang dapat dicemarkan yang diperbolehkan keberadaannya dalam udara ambien. Tabel 2.2 merupakan baku mutu ambien untuk Karbon Monoksida (CO) [13]

Gas Karbon Monoksida (CO) merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan karbon yang tidak sempurna dalam proses pembakarannya. Konsentrasi gas karbon monoksida (CO) semakin meningkat dengan adanya jumlah transportasi terutama pada kendaraan bermotor [10]. Diantara polutan dari sektor transportasi, Karbon Monoksida (CO) adalah salah satu polutan yang paling umum berbahaya dari kontaminan lain. Karbon Monoksida (CO) dimasukkan ke dalam sub – kategori *asphyxiation* sebagai polutan yang memiliki efek pada saluran pernapasan. Persentase karbon monoksida (CO) total seluruh di udara ada 0,032%, hasil tersebut berasal dari pembakaran yang tidak sempurna [2].

Pencemaran udara dapat dibedakan menjadi dua jenis menurut asalnya, yaitu:

1. Pencemaran udara alami yakni masuknya polutan ke dalam ruang udara atau atmosfer, akibat proses alam seperti asap api, debu gunung berapi, emisi garam laut, debu meteorit.

2. Pencemaran udara non alami yakni masuknya polutan akibat Tindakan manusia yang pada dasarnya tidak disadari dan merupakan produk sampingan berupa gas beracun, asap, senyawa kimia, limbah panas dan gas buang nuklir.

Karbon monoksida dapat terjadi secara alami di lingkungan, tetapi sumber utamanya adalah aktivitas manusia. Sumber alami karbon monoksida (CO) meliputi lautan, oksidasi metal di atmosfer, kebakaran hutan. Sedangkan karbon monoksida buatan yaitu berupa kendaraan motor, terutama kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin [14].

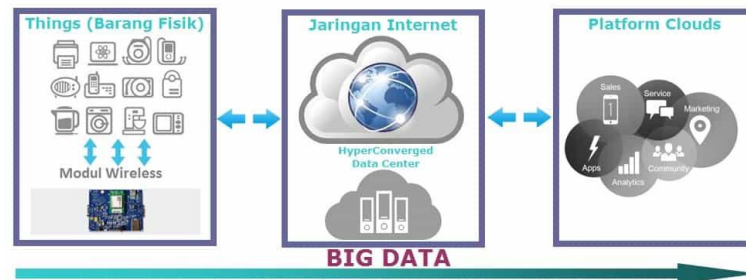
Pencemaran gas karbon monoksida (CO) tidak hanya mempengaruhi manusia, efek pencemaran karbon monoksida juga berbahaya bagi kelangsungan hidup flora dan fauna. Efek pencemaran terhadap tanaman seperti penurunan konsentrasi enzim, gangguan reaksi fisiologis dan fotosintesis. Dampak pencemaran bagi fauna tidak jauh berbeda dengan yang terjadi pada manusia [14].

### **2.2.2 *Internet of Things (IoT)***

Penggunaan computer di masa depan mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengatasi keterampilan kemampuan komputasi manusia seperti remote control perangkat elektronik menggunakan media internet. Internet of Things (IoT) memungkinkan kontrol dan optimalisasi perangkat elektronik dan listrik menggunakan internet. IoT dilengkapi dengan berbagai sensor yang terhubung ke internet melalui jaringan dan dukungan teknologi seperti sensor tertanam dan pemutakhiran, frekuensi radio identifikasi (FRID), jaringan sensor nirkabel, layanan jaringan dan *real - time*. Sistem ini sebenarnya adalah sistem fisik cyber atau jaringan cyber, ketika sejumlah besar objek dan sensor terhubung ke internet, objek dan sensor terhubung secara otomatis menghasilkan aliran data yang sangat besar dan terkadang *real - time*. Menangkap data mentah yang tepat secara efektif adalah salah satu karakteristik dari IoT. Namun, yang lebih penting adalah menganalisa data mentah dan mengubahnya menjadi informasi yang bermanfaat [15].

Konsep IoT sebenarnya cukup sederhana pada cara kerjanya terkait dengan tiga elemen utama arsitektur Iot, diantaranya yaitu barang fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat akses internet seperti modem dan *router* Wifi

berkecepatan tinggi, dan pusat data *cloud* tempat penyimpanan aplikasi beserta *database* [15].



**Gambar 2.1 Konsep *Internet of Things* (IoT) [15].**

Pada gambar 2.1 prinsip pengoperasian dasar perangkat IoT adalah objek di dunia nyata diberi identitas unik dan dapat direproduksi dalam sistem *computer* dan direpresentasikan sebagai data dalam sistem informasi. Pada awal penerapan ide IoT, *barcode*, kode QR, dan *Radio Frekuensi Identifikasi* (FRID) digunakan sebagai pengidentifikasi, yang memungkinkan objek diidentifikasi dan dibaca oleh komputer. Dalam perkembangannya, suatu objek dapat diberi pengenal berupa alamat IP dan dapat berkomunikasi melalui internet dengan objek lain yang memiliki pengenal alamat IP.

Cara kerja *Internet of Things* (IoT) yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumen pemrograman dimana setiap argumen perintah menghasilkan interaksi antara mesin lain yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dari jarak tertentu. Internet adalah penghubung antara dua mesin yang berinteraksi, sementara manusia hanya bertindak sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung [16].

#### **2.2.2.1 Implementasi *Internet of Things* (IoT)**

Mesin dibuat untuk pekerjaan manusia lebih sederhana, mesin awalnya hanya dikembangkan untuk membantu manusia dan digunakan secara manual, secara bertahap, mesin dapat menyala secara otomatis namun dalam perkembangannya menggunakan mesin sebagai alat dalam sebuah sistem akan menemui kendala jika keterbatasan jarak dan waktu.

Pada jarak yang begitu jauh maka mesin tidak akan bisa berinteraksi dengan mesin yang lain, untuk mengatasi masalah ini diterapkan gagasan *Internet of Things* (IoT) dimana semua mesin dengan pengenal IP *address* dapat menggunakan



jaringan internet sebagai media komunikasi (saling bertukar data). Tabel 2.4 merupakan contoh implementasi IoT pada berbagai bidang [16].

**Tabel 2.4 Implementasi IoT [16]**

<b>Bidang</b>	<b>Implementasi</b>
Keamanan	Pengawasan rumah, jalan, gedung dengan kamera CCTV yang dapat dipantau dari jarak jauh.
<i>Property</i>	Eskalator, sistem pendingin gedung, sistem keamanan, sistem administrasi, kelistrikan, instalasi saluran air dan gas.
Medis	Pemasangan monitor dan sensor detak jantung yang terhubung ke pasien melalui pengontrol pusat untuk memantau kondisi pasien secara otomatis. Sistem ini akan memberikan peringatan saat terdeteksi kejadian negatif, serta mengatur proses pembayaran di rumah sakit

### 2.2.3 *Transducer*

*Transducer* adalah suatu alat yang ketika digerakkan oleh energi dalam sistem transmisi, *transducer* tersebut mentransmisikan energi ke sistem transmisi berikutnya dalam bentuk yang sama atau berbeda. Listrik, mekanik, kimia, optik (radiasi), dan termal (panas) adalah semua bentuk transfer energi ini. Perangkat yang mampu mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk lain adalah definisi lain dari *transducer*. "Sensor" di bagian input *transducer* mampu mengubah kuantitas fisik tertentu menjadi bentuk energi lain [17].

*Transducer* dapat dikelompokkan berdasarkan penggunaannya, metode untuk mengubah energi dan sifat dasar tentang sinyal keluaran. *Transducer* dan sensor dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan klasifikasinya mengubah metode energi [17]:

1. *Transducer* yang bersifat pembangkit sendiri (*self generating type*), ketika distimulasi dengan bentuk energi fisik, menghasilkan tegangan atau arus analog. *Transducer* jenis ini tidak memerlukan daya dari luar untuk memperoleh tegangan atau voltase analog. Contohnya *termokopel*, *foto volta* [17].

2. *Transducer* yang membutuhkan kemampuan luar untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dihasilkan disebut *Transducer* pasif. Termistor, RTD, LVDT, dan pengukur tegangan (*strain gauge*) adalah contohnya [17].

### 2.2.3.1 Sensor MQ – 7

Banyaknya jenis komponen sensor khususnya model MQ, sehingga diperlukan suatu jenis sensor yang dapat memenuhi kriteria desain sistem pengamatan pada penelitian ini. Ketika sensor MQ – 7 digunakan dengan target gas karbon monoksida (CO) serta memiliki spesifikasi internal heat, keluaran yang dihasilkan oleh sensor ini adalah berupa sinyal analog [18].

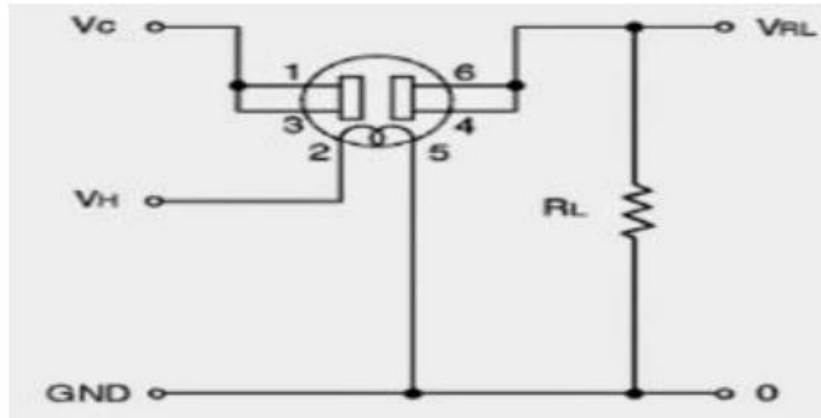
Sensor MQ – 7 merupakan sensor dengan sensitivitas tinggi terhadap gas karbon monoksida (CO) dan hasil kalibrasinya stabil dan tahan lama. *Heater* menyediakan kondisi kerja yang diperlukan agar komponen *sensitive* berfungsi [10]. Sensor MQ – 7 memiliki nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) yang dapat berubah ketika mendeteksi gas dan *heater* yang dapat digunakan untuk membersihkan polusi udara. Sensor ini menggunakan catu daya *heater* AC/BC 5 V dan catu daya sirkuit 5 V, jarak pengukuran 20 – 2000 ppm untuk mendeteksi tingkatan kadar nilai gas karbon monoksida (CO) [10].



**Gambar 2.2** Sensor gas MQ – 7 [10].

**Tabel 2.5** Spesifikasi standar kerja Sensor MQ – 7 [10]

<b>Parameter</b>	<b>Kondisi Teknis</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Circuit Voltage</i>	5V ± 0,1	AC atau DC
<i>Heating Voltage</i>	5V ± 0,1	AC atau DC
<i>Load Resistance</i>	Bisa menyesuaikan	-
<i>Heater Resistance</i>	33 Ω ± 5 %	Suhu Ruangan
<i>Heating Consumption</i>	Sekitar 350 mW	-
Jangkauan Pengukuran	20 – 2000 ppm karbon monoksida (CO)	-



**Gambar 2.3 Rangkaian sensor MQ – 7 [19].**

Pada gambar 2.3 merupakan rangkaian dari sensor MQ – 7. Rangkaian ini bisa disebut sebagai rangkaian pengkondisian sinyal, rangkaian pengukuran standar komponen sensor MQ – 7 terdiri dua bagian yaitu rangkaian pemanas yang dapat mengontrol waktu (tegangan tinggi dan rendah) dan rangkaian pengukuran, yang harus mengkondisikan sinyal tegangan sesuai dengan spesifikasi ADC (*Analog Digital Converter*) Arduino Uno. Rumus untuk menghitung nilai resistansi dari sensor MQ – 7 dapat dilihat pada persamaan dibawah.

$$R_S = \left( \frac{V_{CC}}{V_{RL}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Keterangan :

$R_S$  = Nilai resistansi sensor

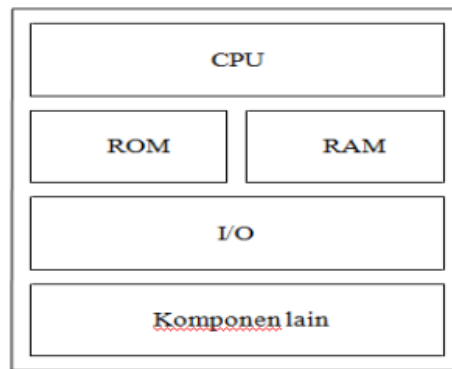
$V_{CC}$  = Nilai tegangan yang diberikan 5 V

$V_{RL}$  = Nilai resistansi dalam sensor sebesar 10k $\Omega$ .

#### 2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah salah satu sistem komputer yang dibangun ke dalam *Integrated Circuit (IC)*. *Integrated Circuit (IC)* berisi berbagai komponen yang membentuk komputer seperti Port CPU, ROM, RAM, dan I/O [20]. Mikrokontroler digunakan dalam perangkat yang dikontrol secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, perangkat medis, pengendalian jarak jauh, dan perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya [21].

Pada gambar 2.4 Komponen mikrokontroler merupakan suatu mikrokontroler standar yang tersusun atas komponen – komponen sebagai berikut [22]:



**Gambar 2.4 Komponen mikrokontroler [22].**

1. *Central Processing Unit (CPU)*

*Central Processing Unit* mengambil instruksi dari memori, decoding, dan mengeksekusi instruksi tersebut, dan mengontrol pergerakan informasi antara register atau antara register dan memori [22].

2. *Read Only Memory (ROM)*

ROM digunakan untuk menyimpan data yang bersifat permanen. Pada mikrokontroler, program disimpan dalam ROM atau memori EPROM atau *flash* EPROM. Beberapa mikrokontroler dapat ditambah ROM eksternal di luar serpih mikrokontroler [22].

3. *Random Access Memory (RAM)*

RAM digunakan untuk menyimpan data yang bersifat sementara. Sementara RAM yang cukup tersedia di mikrokontroler beberapa diantaranya digunakan kembali sebagai register prosesor dan dapat dikatakan sebagai register yang dipetakan memori [22].

4. *Input / Output (I/O)*

Terdiri dari port paralel dan port serial dengan fungsi tripartit. Beberapa mikrokontroler memiliki port I/O analog. Fungsi port ini dapat dipilih (dikonfigurasi) sebagai input/output paralel/seri analog. Arah aliran data pada port input/output dapat dipilih oleh data direction register. Port ini juga dapat dipetakan memori [22].

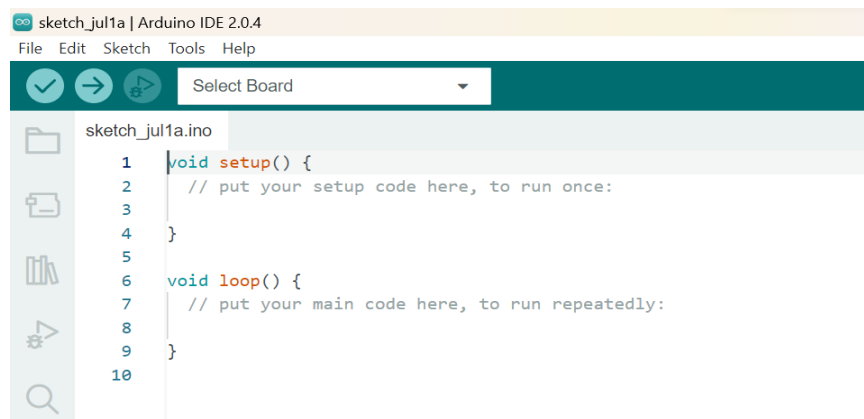
Banyak hal yang diperlukan agar mikrokontroler dapat bekerja yang pertama adalah membuat program. Program yang akan dibuat harus sesuai dengan jenis mikrokontroler yang digunakan, karena setiap mikrokontroler memiliki bahasa pemrogramannya masing – masing yang mungkin tidak kompatibel. Setelah

program sudah dibuat menggunakan Arduino IDE, program harus dikompilasi sesuai dengan jenis mikrokontroler yang digunakan. Sederhananya, tujuan penerjemahan adalah untuk mengubah bahasa manusia menjadi bahasa mikrokontroler [23].

#### 2.2.4.1 Arduino IDE

Arduino memiliki open-source yang memudahkan untuk menulis kode dan meng-*upload board* ke arduino. Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memberikan informasi kepada Arduino sehingga dapat memberikan *outputan* yang diinginkan [24]. Arduino IDE memainkan peran yang sangat penting dalam pemrograman, kompilasi biner, dan memuat memori mikrokontroler [25].

*Software* ini dibuat menggunakan Java dan dapat berjalan diberbagai platform seperti Windows, Mac, dan Linux. Arduino IDE memiliki fitur untuk menulis bahasa pemrograman seperti *highlighting syntax* untuk mempermudah menulis kode pemrograman. Pada gambar 2.5 merupakan tampilan dari *Software* Arduino IDE [25].



**Gambar 2.5 Tampilan *software* Arduino IDE [25].**

*Software* Arduino IDE yaitu berupa *Software processing* yang digunakan untuk menulis program untuk Arduino Uno, merupakan kombinasi Bahasa C++ dan Java [24]. Berikut adalah beberapa fitur yang terdapat pada *Software* Arduino IDE:

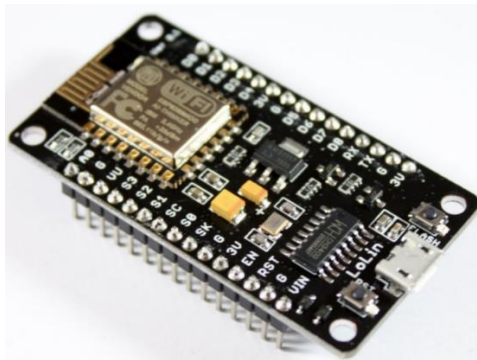
1. *Icon* fitur *verify* berfungsi untuk mengecek program apakah terdapat kesalahan dalam penulisan program atau tidak.
2. *Icon* fitur *upload* berfungsi untuk mengunduh atau mentransfer informasi terhadap *Software* Arduino ke *hardware* Arduino.

3. *Icon* fitur *New* berfungsi untuk membuat halaman baru untuk pemrograman.
4. *Icon* fitur *Open* berfungsi untuk membuka program yang di simpan atau program yang terdapat pada modul Arduino.
5. *Icon* fitur *Save* berfungsi untuk menyimpan program yang telah dibuat.
6. *Icon* fitur serial monitor berfungsi untuk mengirim atau menampilkan komunikasi serial data yang dikirim dari *hardware* Arduino [26].

#### 2.2.4.2 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah modul mikrokontroler dengan ESP8266 didalamnya. NodeMCU ESP8266 bekerja dalam koneksi jaringan WiFi antara mikrokontroler dan jaringan WiFi. NodeMCU ESP8266 didasarkan pada bahasa pemrograman *Lua*, tetapi juga dapat menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman [27]. Secara *default*, istilah NodeMcu mengacu pada *firmware* yang digunakan dari pada perangkat keras *development kit* [28].

Pengembangan *kit* ini didasarkan pada modul ESP8266 yang mengintegrasikan GPIO, PWM (*Pulse Width Modulation*), IIC, 1 – *wire*, dan ADC (*Analog to Digital Converter*) semua dalam satu *board* keunikan dari NodeMCU ESP8266 sendiri adalah ukuran *board* – nya yang sangat kecil yaitu dengan panjang 4,83 cm, lebar 2,54 cm, dan berat 7 gram. Meskipun ukurannya kecil, *board* ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi dan *firmware open source* [29].



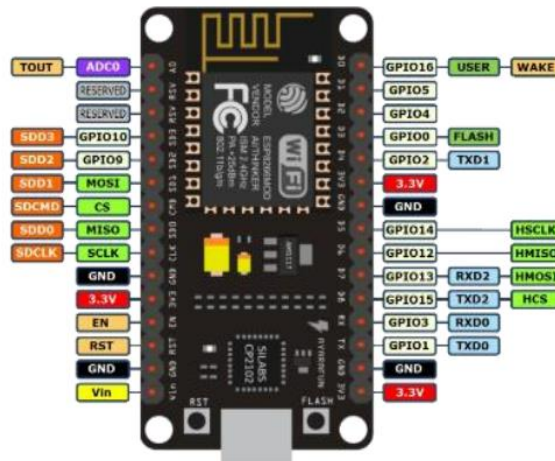
**Gambar 2.6 NodeMCU ESP8266 [29].**

Gambar 2.6 merupakan gambar dari NodeMCU ESP8266 dengan tegangan sebesar 3.3V, sehingga untuk penggunaan mikrokontroler untuk penambahannya dapat menggunakan *board* Arduino dengan opsi tegangan sebesar 3.3 V untuk penggunaan tambahan mikrokontroler [30].

**Tabel 2.6 Spesifikasi NodeMCU Esp8266 [31].**

Mikrokontroler	ESP 8266
Tegangan Input	3.3 V – 5 V
GPIO	17 Pin
Flash Memory	16 MB
RAM	32 KB + 80 KB
Konsumsi Daya	10 $\mu$ A – 170 mA
Frekuensi	2.4 GHZ – 22.5 Ghz
USB Port	Micro USB
WiFi	IEEE 802.11b/g/n
Kanal PWM	10 Kanal
USB Chip	CH340G
Clock Speed	40/26/24 MHz

NodeMCU ESP8266 memiliki 17 pin GPIO yang diintegrasikan dengan komponen elektronik lainnya. Bekerja dengan *voltase* 3.3 V – 5 V, dengan konsumsi arus 10 $\mu$ A – 170 mA. Dengan kecepatan prosesor 80 – 160 MHz dan RAM 32 KB + 80 KB serta memori *flash* hingga 16 MB [31].



**Gambar 2.7 Pin NodeMCU ESP8266 [28].**

Gambar 2.7 merupakan kaki pin yang ada pada NodeMCU ESP8266. Berikut penjelasan dari pin – pin NodeMCU ESP8266:

1. ADC (*Analog to Digital Converter*): Rentang tegangan masukan 0 – 1 V, dengan skup nilai digital 0 – 1024.

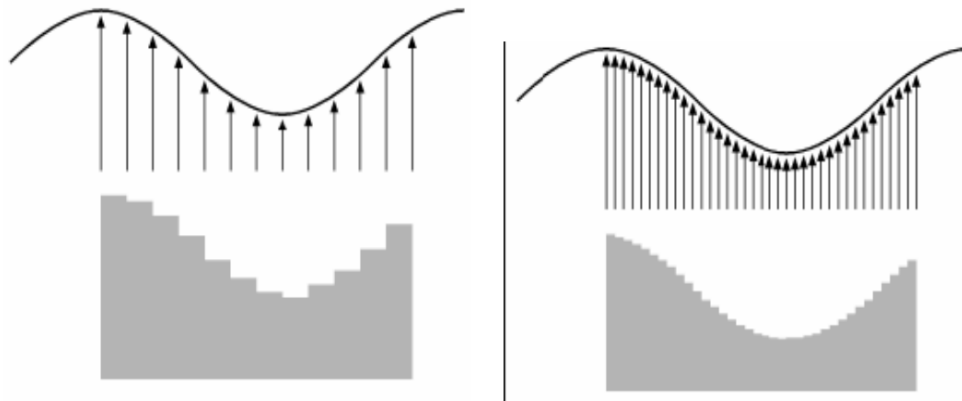
2. Micro – USB: Sebagai *power* yang dapat terhubung pada port USB. Selain itu, dapat digunakan untuk mengirim *sketch* atau memonitor data serial menggunakan tampilan serial dari *Software* Arduino IDE.
3. 3.3 V: digunakan sebagai tegangan untuk perangkat lain.
4. GND: *Ground* sebagai tegangan atau nilai *negative* untuk membawa arus.
5. Vin: seperti catu daya eksternal yang mempengaruhi *output* semua pin. Penggunaannya yaitu dengan cara menghubungkannya dengan tegangan 7 – 12V.
6. EN, RST: pin ini digunakan untuk mereset program mikrokontroler.
7. GPIO 1 – GPIO 16: Pin yang dapat digunakan sebagai input dan *output*. Pin ini juga dapat membaca dan mengirim data analog.
8. SD1, CMD, SD0, CLK: Pin SPI (*Serial Peripheral Interface*) digunakan untuk mensinkronkan pendeteksi bit *receiver*.
9. TXD0, RXD0, TXD2, RXD2: Sebagai *interface* UART, pengelompokannya yaitu TXD0 dan RXD0, serta TXD2 dan RXD2. TXD1 digunakan untuk menginstal *firmware* atau program.
10. SDA, SCL (12C Pins): digunakan pada perangkat yang membutuhkan 12C [32].

#### **2.2.4.3 Analog Digital Converter (ADC)**

ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah sirkuit elektronik yang dapat mengubah besaran analog menjadi digital. Setiap sensor berbasis mikrokontroler (berfungsi sebagai pusat pemrosesan data) harus memiliki rangkaian ADC yang mengubah sinyal yang diterima sensor menjadi besaran digital sehingga sinyal tersebut dapat dibaca oleh mikrokontroler. Sensor tersebut dapat berupa sensor gas, sensor suhu, sensor lever, dan sensor tekanan [33]

Pada gambar 2.8 merupakan sebuah ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki dua karakteristik utama, yaitu *sampling* kecepatan dan *resolusi*. Laju pengambilan sampel ADC adalah beberapa kali sinyal analog diubah menjadi gelombang digital selama interval waktu tertentu. Laju sampel biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS) [34]





**Gambar 2.8** ADC kecepatan *sampling* rendah dan tinggi [34].

Dalam konversi ADC (*Analog to Digital Converter*) ini menggunakan resolusi 10 bit.

$$2^{10} = 1024 \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2) merupakan format biner 10 bit. Jadi jangkauan kerja dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang digunakan adalah 0 sampai 1024 [35].



**Gambar 2.9** Proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital [35].

### 2.2.5 SOFTWARE ANTARES

Antares adalah platform IoT Telkom dengan fitur platform *independent* seperti manajemen perangkat dan penyimpanan data, yang artinya mendukung semua jenis konektivitas yang biasa digunakan dalam solusi IoT seperti NB-IoT, LoRA, 3G/4G LTE. Antares juga menyediakan *library* mikrokontroler berbasis android dan arduino untuk memfasilitasi pengembangan. Selain itu, Antares mematuhi standar OneM2M global, yang memungkinkan Antares mengintegrasikan berbagai komponen *Internet of Things* dan memungkinkan aplikasi IoT untuk berinteraksi dengan data dari perangkat IoT diberbagai solusi industri [36].

Antares IoT platform memiliki banyak kelebihan yang meliputi kemampuan untuk beroperasi berbagai jenis konektivitas seperti 4G, 5G, dan mendukung berbagai protokol komunikasi berupa HTTP dan MQTT. Keunggulan lainnya adalah adanya *zero infrastructure management* yang membebaskan *user* dari tanggung jawab mengelola *server* dan infrastruktur, karena Antares telah menyediakan API yang sudah siap digunakan. API (*Application Programming Interface*) merupakan perangkat lunak yang dapat menghubungkan 2 aplikasi untuk saling terhubung [37].

## **2.2.6 VALIDASI DATA**

Pengukuran memegang peranan penting dalam aktivitas manusia. Kesalahan pengukuran sering terjadi, misalnya ketidakakuratan hasil pengukuran. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti penggunaan alat ukur yang tidak tepat atau pembacaan alat ukur yang salah (*error*). Masalah ketidaktepatan pengukuran alat ukur dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi ulang alat ukur. Tujuan dari kalibrasi ulang adalah untuk memastikan bahwa pengukuran alat sesuai dengan rancangannya. Pada penelitian ini terdapat pengukuran dengan istilah seperti akurasi sensor [38].

### **2.2.6.1 Kalibrasi Sensor *One Point***

Kalibrasi adalah proses pengecekan verifikasi bahwa suatu keakuratan alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasanya dilakukan dengan membandingkan perangkat kesehatan (UUT = *Unit Under Test*) dengan standar nasional atau internasional dan bahan – bahan acuan tersertifikasi atau dengan standar yang lebih tinggi. Dengan melakukan kalibrasi pada setiap alat ukur, maka dapat diketahui penyimpangan atau deviasi penunjukan alat ukur tersebut, sehingga tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai atau mendapatkan tingkat mutu alat ukur yang paling maksimal [39].

Metode kalibrasi *one point* merupakan kalibrasi yang menyesuaikan nilai pembacaannya dengan 1 titik nilai yang telah ditentukan [40].

### 2.2.6.2 Akurasi Sensor

Akurasi merupakan keakuratan atau ketetapan, yaitu seberapa dekat nilai terukur dengan nilai sebenarnya. Akurasi adalah representasi simultan dari akurasi dan kesamaan hasil dengan membandingkan hasil dengan nilai absolut. Akurasi dapat mendekati pengukuran aktual, yang sesuai persis dengan sasaran. Karena semakin mendekati ukuran, semakin besar akurasinya [41].

$$Akurasi = 100 \% - Error \% \quad (2.3)$$

Persentase error ditentukan dengan membagi hasil dari nilai sebenarnya dikurang dengan nilai sensor lalu dibagi dengan nilai sebenarnya, kemudian dikali 100%.

$$Error \% = \left| \frac{Nilai\ Sebenarnya - Nilai\ Sensor}{Nilai\ Sebenarnya} \right| \times 100 \% \quad (2.4)$$

### 2.2.7 QUALITY OF SERVICE (QoS)

*Quality of Service (QoS)* adalah metode untuk mengukur seberapa baik atau buruk suatu jaringan dan upaya untuk menentukan karakteristik dan sidat suatu layanan. Dalam kualitas layanan, tergantung jenis dan karakteristiknya, terdapat beberapa parameter yaitu *delay*, *throughput*, dan *packet loss* [42].

Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah *delay*. *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari titik asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, dan waktu pemrosesan yang lama. Untuk mencari nilai *delay*, dapat menggunakan persamaan berikut [43].

$$Delay = \frac{\text{total delay}}{\text{jumlah total paket}} \quad (2.5)$$

*Delay* dapat diklasifikasikan kedalam empat kategori seperti terlihat pada tabel 2.7 Kategori *delay* versi TISPAN ETSI [44].

**Tabel 2.7 Kategori *delay* versi ETSI 1999-2006 [44]**

<b><i>Delay</i> (ms)</b>	<b>Indeks</b>	<b>Kategori <i>Delay</i></b>
< 150	4	Sangat Bagus
150 s/d 300	3	Bagus
300 s/d 450	2	Sedang
>450	1	Buruk