

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pencemaran Udara

Parameter Karbon Monoksida (CO) merupakan polutan yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar berbasis karbon, seperti kayu, batu bara, gas alam, minyak tanah, dan bahan bakar kendaraan. Karbon monoksida dapat mengikat hemoglobin, membentuk karboksihemoglobin (COHb) (Informatika *et al.*, 2022).

Nitrogen dioksida (NO₂) adalah gas beracun dengan warna coklat kemerahan dan bau menyengat, mirip dengan asam nitrat. Senyawa ini berasal dari pembakaran bahan bakar terus-menerus oleh aktivitas manusia dan berdampak negatif terhadap lingkungan dengan meningkatkan tingkat polusi udara akibat emisi dari proses pembakaran bahan bakar fosil (Maherdyta *et al.*, 2022).

PM₁₀, yang sering disebut sebagai partikel kasar, adalah partikulat dengan diameter kurang dari 10 µm. PM₁₀ terutama dihasilkan melalui proses mekanis, seperti debu jalan yang tersuspensi kembali, aktivitas industri dan pertanian, atau bioaerosol (Perdana *et al.*, 2022).

Meningkatnya tingkat pencemaran udara yang melampaui ambang batas terbukti berdampak signifikan terhadap berbagai penyakit, seperti pneumonia dan Infeksi Saluran Pernapasan Atas (ISPA), serta meningkatkan risiko kematian, kesakitan, dan penyakit lainnya. Menurut laporan Pedoman Kualitas Udara dari

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO, 2021), polutan udara berbahaya meliputi CO, NO₂, dan PM₁₀. Dampak buruk masing-masing polutan udara disajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini (Syahputri *et al.*, 2023).

Tabel 2.1 Dampak Polutan Udara Berbahaya untuk Kesehatan Manusia

Polusi Udara	Dampak Jangka Pendek	Dampak Jangka Panjang
CO	Masuk rumah sakit dan rujukan rawat darurat akibat asma	
NO ₂	Responsivitas bronkus pada penderita asma	- Kematian secara umum - Kematian akibat pernafasan
PM ₁₀	- Iritasi mata dan kulit - Gangguan kardiovaskular - Gangguan pernafasan	- Kematian secara umum - Kematian akibat kardiovaskular - Kematian akibat pernafasan - Kematian akibat kanker paru-paru

2.2 Pengukuran Kualitas Udara

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) di Indonesia telah diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020, dengan mengkategorikan kualitas udara menjadi lima kategori, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kategori Keterangan ISPU

Kategori	Angka Rentang
Baik	1 – 50
Sedang	51 – 100
Tidak Sehat	101 – 200
Sangat Tidak Sehat	201 – 300
Bahaya	≥ 301

2.3 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merujuk pada jaringan perangkat fisik, kendaraan, gedung, dan objek lain yang terhubung melalui internet dan dapat mengumpulkan serta bertukar data. Perangkat ini dilengkapi dengan sensor, perangkat komunikasi, dan teknologi pemrosesan data, yang memungkinkan mereka berinteraksi dan bertukar informasi tanpa campur tangan manusia secara langsung. IoT menciptakan ekosistem tempat berbagai perangkat dan sistem dapat berkomunikasi satu sama lain untuk menyediakan informasi yang lebih bermanfaat dan mengotomatiskan proses (Caniago *et al.*, 2024). Fungsi dan manfaat IoT:

1. Efisiensi dan Otomatisasi: IoT memungkinkan otomatisasi proses dan tugas yang sebelumnya memerlukan campur tangan manusia. Di sektor industri, IoT dapat mengoptimalkan produksi dan pemeliharaan perangkat,

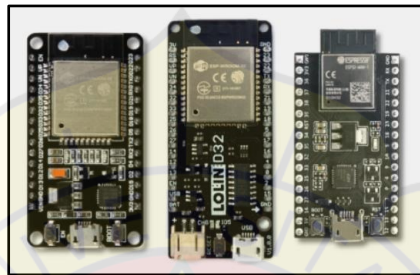
sementara di rumah tangga, perangkat IoT dapat mengelola energi dan keamanan dengan lebih efisien.

2. Pengambilan Keputusan Berbasis Data: IoT mengumpulkan dan menganalisis data waktu nyata. Dalam bisnis, data dari perangkat IoT dapat digunakan untuk meningkatkan layanan dan mengurangi biaya operasional.
3. Peningkatan Kualitas Hidup: IoT memberikan kemudahan melalui perangkat yang membuat hidup lebih nyaman dan aman, seperti perangkat kesehatan yang dapat dikenakan yang memantau kesehatan atau sistem rumah pintar yang mengelola pencahayaan dan keamanan.
4. Optimasi Sumber Daya: IoT memungkinkan penggunaan sumber daya yang efisien seperti air dan energi melalui sistem pemantauan cerdas, baik di rumah tangga maupun industri.
5. Penghematan Biaya: Dengan peningkatan efisiensi dan otomatisasi, IoT dapat membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas. Misalnya, sistem manajemen energi cerdas dapat menurunkan biaya listrik dengan menyesuaikan penggunaan berdasarkan kebutuhan aktual.

2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sistem minimum berbiaya rendah dan berdaya rendah dengan kemampuan Wi-Fi & *dual-mode* Bluetooth. Ada beberapa keluarga ESP32

yang semuanya menggunakan mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6, baik yang *dual-core* maupun yang *single-core*. Mikroprosesor ini memiliki kecepatan clock hingga 240 Mhz. ESP32 sangat terintegrasi dengan antena internal, RF balloon, penguat daya, penguat penerima dengan *low noise filter*, dan modul manajemen daya (Al Azam, 2022).



Gambar 2.1 ESP32

(Al Azam, 2022)

2.5 Sensor

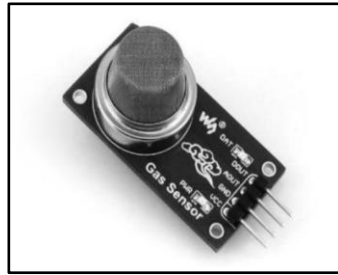
Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisis seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembapan, suhu, kecepatan, dan fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati perubahan tersebut, masukan yang terdeteksi diubah menjadi keluaran yang dapat dipahami oleh manusia, baik melalui perangkat sensor itu sendiri maupun dikirimkan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diproses lebih lanjut menjadi informasi yang berguna bagi pengguna. Pada dasarnya, sensor dapat digolongkan sebagai transduser masukan karena dapat mengubah energi fisis seperti cahaya, tekanan, gerakan, suhu, atau energi fisis lainnya menjadi sinyal elektrik atau

resistansi (yang selanjutnya diubah lagi menjadi tegangan atau sinyal elektrik) (Daryanto, 2023).

2.5.1 Sensor MQ-7

MQ-7 adalah sensor gas yang digunakan dalam perangkat untuk mendeteksi karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Sensor gas MQ-7 memiliki sensitivitas tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabilitas, dan masa pakai yang panjang (Nasir *et al.*, 2024).

Sensor MQ-7 sangat berguna dalam aplikasi yang memerlukan pemantauan kualitas udara atau deteksi kebocoran gas berbahaya, seperti di industri, area perumahan, atau kendaraan. Sensor MQ-7 memiliki elemen pemanas yang menjaga suhu sensor pada tingkat optimal untuk mendeteksi gas karbon monoksida. Elemen sensor terdiri dari bahan semikonduktor yang mengubah resistansinya saat terkena karbon monoksida. Perubahan resistansi ini diubah menjadi tegangan, yang kemudian dapat dibaca oleh mikrokontroler untuk menentukan konsentrasi CO di udara. Sensor ini beroperasi dalam dua siklus pemanasan: siklus tinggi dan siklus rendah. Selama siklus tinggi, sensor diaktifkan untuk mendeteksi gas karbon monoksida, dan selama siklus rendah, sensor kembali ke mode pengukuran normal untuk mendeteksi gas berbahaya lainnya. Dengan menggunakan metode ini, MQ-7 dapat memberikan hasil yang lebih akurat dalam mendeteksi konsentrasi CO yang rendah sekalipun (Pardosi *et al.*, 2024).



Gambar 2.2 Sensor MQ-7

(Nasir *et al.*, 2024)

Adapun *datasheet* dari spesifikasi teknis sensor MQ-7, sebagai berikut

Gambar 2.3 di bawah ini.

Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Plastic cap	
Target Gas		carbon monoxide	
Detection range		10 ~ 500ppm CO	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V_L	$\leq 10V$ DC
	Heater Voltage	V_H	5.0V \pm 0.1V AC or DC(High temp.) 1.5V \pm 0.1V AC or DC(Low temp.)
	Heater Time	T_L	60 S \pm 1S(High temp.) 90 S \pm 1S(Low temp.)
	Load Resistance	R_L	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R_H	29 Ω \pm 3 Ω (room temp.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 900mW$
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(\text{in } 150\text{ppm CO}) \geq 5$
	Output Voltage	V_s	2.5V ~ 4.3V (in 150ppm CO)
	Concentration Slope	α	$\leq 0.6(R_{300\text{ppm}}/R_{50\text{ppm CO}})$
Standard test conditions	Tem. Humidity	20°C \pm 2°C; 55% \pm 5%RH	
	Standard test circuit	V_L : 5.0V \pm 0.1V; V_H (High temp.): 5.0V \pm 0.1V V_H (Low temp.): 1.5V \pm 0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

Gambar 2.3 *Datasheet* MQ-7

(*Electronic Components Datasheet Search* 2015)

2.5.2 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang mampu mendeteksi berbagai senyawa atau kadar gas berbahaya yang berpotensi menurunkan kualitas udara serta berdampak negatif pada sistem pernapasan manusia. Sensor ini menghasilkan data deteksi kualitas udara dengan mengubah nilai resistansi analog pada pin outputnya. Sensor MQ-135 memiliki 4 (empat) pin, yang terdiri dari Vcc (+5Volt), Ground, Digital Out, dan Analog Out. Sensor MQ135 merupakan jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa NH_3 , Nox, alkohol, benzol, asap, serta NO_2 . Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan nilai resistansi (analog) saat terpapar gas. Dengan konsumsi daya yang rendah dan kemudahan penggunaan, sensor ini efektif sebagai alat pendeteksi polusi udara. Sensitivitas sensor ditentukan oleh variasi nilai resistansi MQ-135 terhadap berbagai konsentrasi gas, yang diukur dalam satuan ppm (part per million). Untuk mengkalibrasi agar hasil pembacaan sensor sesuai dengan nilai ppm, diperlukan analisis grafik R_s/R_o terhadap ppm berdasarkan datasheet MQ-135 (Rozzi *et al.*, 2023).



Gambar 2.4 Sensor MQ-135

(Rozzi *et al.*, 2023)

Adapun *datasheet* dari spesifikasi teknis sensor MQ-135, sebagai berikut

Gambar 2.5 di bawah ini.

Model			MQ135
Sensor Type			Semiconductor
Standard Encapsulation			Bakelite, Metal cap
Target Gas			ammonia gas, sulfide, benzene series steam
Detection range			10 ~ 1000ppm(ammonia gas, toluene, hydrogen, smoke)
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V_e	$\leq 24V$ DC
	Heater Voltage	V_H	$5.0V \pm 0.1V$ AC or DC
	Load Resistance	R_L	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R_H	$29\Omega \pm 3\Omega$ (room tem.)
	Heater consumption	P_H	$\leq 950mW$
	Sensitivity	S	$R_s(\text{in air})/R_s(\text{in } 400ppm H_2) \geq 5$
	Output Voltage	V_s	$2.0V \sim 4.0V$ (in 400ppm H_2)
	Concentration Slope	α	$\leq 0.6 (R_{400ppm}/R_{100ppm} H_2)$
Standard test conditions	Tem. Humidity		$20^\circ C \pm 2^\circ C$; $55\% \pm 5\% RH$
	Standard test circuit		$V_e: 5.0V \pm 0.1V$; $V_H: 5.0V \pm 0.1V$
	Preheat time		Over 48 hours

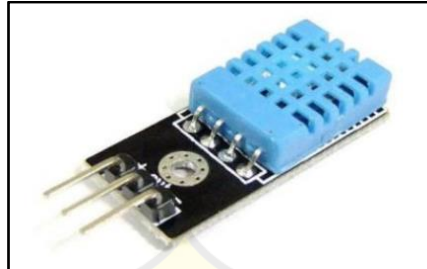
Gambar 2.5 *Datasheet* MQ-135

(*Electronic Components Datasheet Search* 2015)

2.5.3 Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan perangkat yang mampu mengukur dua parameter lingkungan secara bersamaan, yaitu suhu dan kelembaban udara. Sensor ini dilengkapi dengan thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mendeteksi suhu, serta sensor kelembaban tipe resistif. Selain itu, terdapat mikrokontroler 8-bit yang bertugas mengolah data dari kedua sensor tersebut dan

mengirimkan hasil pengukuran melalui pin output menggunakan format komunikasi *single-wire bi-directional* (Widharma & Wiranata, 2022).



Gambar 2.6 Sensor DHT11

(Widharma & Wiranata, 2022)

Adapun *datasheet* dari spesifikasi teknis sensor DHT11, sebagai berikut

Gambar 2.7 di bawah ini.

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			±1%RH	
Accuracy	25°C		±4%RH	
	0-50°C			±5%RH
Interchangeability Fully Interchangeable				
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			±1%RH	
Long-Term Stability	Typical		±1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			±1°C	
Accuracy		±1°C		±2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

Gambar 2.7 *Datasheet* DHT11

(*Electronic Components Datasheet Search t.t*)

2.5.4 Sensor GP2Y10101AU0F

Sensor SHARP GP2Y1010AU0F sangat efektif dalam mendeteksi partikel di udara, termasuk partikel yang sangat halus. Sensor ini mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital untuk mendeteksi konsentrasi partikel PM_{10} . Sensor ini memiliki lubang yang memungkinkan partikel debu melewatinya untuk pengukuran. Berikut ini adalah beberapa rumus untuk perhitungan dan konversi.

$$V_{out} = \frac{(ADC \times 3V)}{4095} \quad (1)$$

Prinsip kerja sensor ini melibatkan masuknya udara ke dalam sensor melalui katup saluran masuk. Di dalam sensor, LED inframerah memancarkan cahaya yang mengenai partikel debu di udara. Sebagai reaksi, cahaya yang tersebar tersebut terdeteksi oleh fototransistor. Output dari rangkaian detektor cahaya kemudian diperkuat oleh rangkaian penguat sinyal. Setelah itu, sinyal cahaya yang telah diperkuat diproses untuk menentukan konsentrasi partikel debu di udara. Sensor selanjutnya menghasilkan sinyal tegangan analog pada pin V_o yang sesuai dengan konsentrasi partikel debu tersebut. Semakin tinggi konsentrasi partikel debu, semakin besar tegangan output yang dihasilkan (Siti *et al.*, 2022).



Gambar 2.8 Sensor GP2Y1010AU0F

(Siti *et al.*, 2022)

Adapun datasheet dari spesifikasi teknis sensor DHT11, sebagai berikut pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 *Datasheet* GP2Y1010AU0F

Parameter	Nilai
Tegangan Operasional	5V/(100 μ g/m ³)
Arus Operasional	20 mA (maks)
Rentang Deteksi	0 – 500 μ g/m ³
Tegangan Analog	2.5V~5.5V
Dimensi	46.0 \times 30.0 \times 17.6 mm

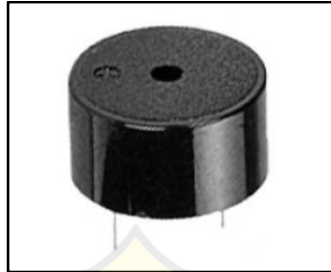
2.6 Aktuator

Aktuator adalah perangkat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Aktuator menggunakan berbagai mekanisme untuk menghasilkan gerakan atau tindakan yang diinginkan. Prinsip kerja aktuator melibatkan pengubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya, biasanya dari energi listrik menjadi energi mekanis (Masril *et al.*, 2024).

2.6.1 Buzzer

Buzzer merupakan komponen yang mengubah energi listrik menjadi suara. Penggunaan buzzer pada antarmuka mikrokontroler mengikuti prinsip yang sama seperti LED. Buzzer hanya perlu menghubungkan satu pin dari mikrokontroler ke

terminal positif buzzer, sedangkan terminal lainnya dihubungkan ke GND rangkaian (Widharma & Wiranata, 2022).



Gambar 2.9 Buzzer

(Widharma & Wiranata, 2022)

2.7 Pemodelan Sistem UML




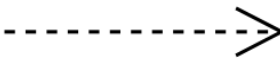
UML adalah bahasa yang digunakan untuk mendefinisikan, memvisualisasikan, membangun, dan mendokumentasikan artefak sistem perangkat lunak (yang mencakup informasi yang digunakan atau dihasilkan selama proses pengembangan perangkat lunak. Artefak ini dapat berupa model, deskripsi, atau perangkat lunak). Grady Booch, James Rumbaugh, dan Ivar Jacobson mendirikan Rational Software Corp dan awalnya mengembangkan UML. UML menyediakan notasi untuk pemodelan sistem dari berbagai perspektif. UML digunakan di hampir setiap disiplin ilmu yang memerlukan pemodelan, bukan hanya pengembangan perangkat lunak (Budiman, 2022).

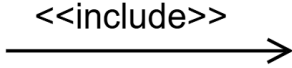
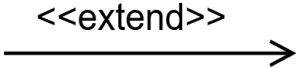
2.7.1 Use Case Diagram

Menggambarakan sejumlah *external actors* dan hubungannya ke use case yang diberikan oleh sistem. Use case adalah deskripsi tekstual dari fungsi yang

disediakan oleh suatu sistem, yang berfungsi sebagai dokumentasi untuk simbol use case, tetapi juga dapat direpresentasikan dalam diagram aktivitas. Use case digambarkan hanya dari perspektif eksternal, seperti yang dilihat oleh aktor (lingkungan sistem sebagaimana dipersepsikan oleh pengguna), daripada merinci bagaimana fungsi beroperasi dalam sistem (Budiman, 2022). Berikut adalah simbol-simbol yang ada pada diagram use case:

Tabel 2.4 Simbol Use Case Diagram


Simbol	Keterangan
	Aktor: Mewakili peran orang, sistem, atau alat ketika berkomunikasi dengan use case.
	Use case: Abstraksi dan interaksi antara sistem dan aktor.
	<i>Association:</i> Abstraksi dari penghubung antara aktor dengan use case.
	Generalisasi: Menunjukkan spesialisasi aktor untuk dapat berpartisipasi dengan use case.

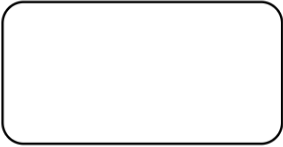
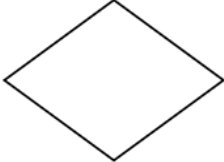



	<i>Include</i> : Menunjukkan bahwa suatu use case seluruhnya merupakan fungsionalitas dari use case lainnya.
	<i>Extend</i> : Menunjukkan bahwa suatu use case merupakan tambahan fungsional dari use case lainnya jika suatu kondisi terpenuhi.

2.7.2 Activity Diagram

Menggambarkan aliran aktivitas, diagram ini digunakan untuk menggambarkan urutan tindakan dalam suatu operasi. Diagram ini juga dapat diterapkan pada aktivitas lain seperti kasus penggunaan atau interaksi (Budiman, 2022). Berikut adalah simbol-simbol yang ada pada diagram activity:

Tabel 2.5 Simbol Activity Diagram

Simbol	Keterangan
	Status Awal: Sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status awal.

	<p>Aktivitas: Aktivitas yang dilakukan sistem, aktivitas biasanya diawali dengan kata kerja.</p>
	<p>Percabangan / Decision: Percabangan aktivitas yang lebih dari satu.</p>
	<p>Penggabungan / Join: Penggabungan lebih dari satu aktivitas lalu digabungkan jadi satu.</p>
	<p>Status Akhir: Status akhir yang dari sistem, sebuah diagram aktivitas memiliki sebuah status akhir.</p>
	<p>Swimlane: Memisahkan peran dalam organisasi bisnis yang memiliki tanggung jawab atas setiap aktivitas yang berlangsung.</p>

2.8 *Software dan Pemrograman Terkait*

Berikut beberapa software dan pemrograman terkait yang terdapat pada penelitian ini:

2.8.1 Arduino IDE

Arduino IDE adalah editor kode yang menggunakan bahasa pemrograman C untuk memprogram atau mengembangkan mikrokontroler Arduino. IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment. IDE memungkinkan pengembang untuk menulis kode dalam bahasa pemrograman C++ dan memprogram papan Arduino untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Arduino IDE memiliki antarmuka pengguna yang sederhana dan mudah digunakan. (Fandi & Rijanandi, 2023).

2.8.2 Komponen Website

Website adalah kumpulan halaman digital yang memuat informasi dalam bentuk teks, animasi, gambar, audio, dan video, atau gabungan dari semuanya, yang terhubung melalui internet, sehingga dapat diakses oleh siapa saja yang memiliki koneksi internet. Pemrograman web adalah proses pembuatan instruksi untuk mengembangkan program atau aplikasi berbasis internet yang dapat diakses melalui browser. Pemrograman web yang baik mencakup pembuatan panel kontrol yang efektif, yang memungkinkan pemilik situs web mengelola situs mereka, termasuk konten, aplikasi, dan aspek pendukung lainnya (Kusumawardani et al., 2023).

1. HyperText Markup Language (HTML) adalah bahasa pemrograman standar yang digunakan untuk membuat halaman web, memungkinkan halaman tersebut diakses dan menampilkan berbagai jenis konten melalui peramban internet (Kusumawardani et al., 2023).
2. Cascading Style Sheet (CSS) adalah jenis pemrograman web yang mengelola berbagai komponen situs web untuk memastikan tampilan yang seragam dan terstruktur dengan baik (Kusumawardani et al., 2023).
3. Hypertext Preprocessor (PHP) adalah bahasa skrip yang dapat disematkan dalam HTML. PHP digunakan untuk merancang program dalam situs web, seperti mengelola alur logika, memproses hasil formulir HTML, dan berfungsi sebagai jembatan ke basis data seperti MySQL (Kusumawardani et al., 2023).
4. MySQL merupakan salah satu jenis dari pemrograman web yang berfungsi sebagai sistem penyimpanan data yang biasa dikenal dengan nama database (Kusumawardani et al., 2023).
5. JavaScript adalah bahasa pemrograman murni yang umum digunakan untuk mendesain halaman web agar lebih interaktif dan menyertakan animasi (Kusumawardani et al., 2023).

2.9 Kajian Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Kajian Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian (Tahun)	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	Implementasi Fuzzy Logic Untuk Kualitas Udara, Suhu, Dan Kelembaban Udara Berbasis IoT (Tamaji & Utama, 2023)	Menghasilkan sistem monitoring kualitas udara yang dikembangkan menggunakan sensor MQ-135 dan DHT11 berhasil berfungsi dengan baik untuk mengukur kualitas udara, suhu, dan kelembaban secara real-time. Data yang diperoleh dapat diakses melalui aplikasi Blynk,	Menggunakan sensor MQ-135 dan sensor DHT11.	Menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan <i>monitoring</i> untuk menampilkan informasi menggunakan aplikasi Blynk.

		yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan di sekitar mereka dari jarak jauh.		
2.	Prototype Wireless Sensor Network Sistem Pengukuran Debu Dan Suhu Udara Berbasis MQTT Server (Utamy et al., 2023)	Menghasilkan sistem pengukuran yang dirancang menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler berhasil berfungsi dengan baik. Sensor MQ135,	Menggunakan sensor MQ-135 dan aktuator buzzer.	Menggunakan mikrokontroler ESP8266, sensor PMS5003, aktuator LED, LCD, dan <i>monitoring</i> untuk menampilkan

		<p>PMS5003, dan DHT21 digunakan untuk mengukur gas, kepekatan debu, serta suhu dan kelembaban, dengan hasil yang responsif dan akurat. Data pengukuran dapat ditampilkan secara real-time melalui platform Thinger.io dan aplikasi MQTT Dash, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara jarak jauh.</p>		<p>informasi menggunakan <i>website</i> Thinger.io yang nantinya hasil pengujian spesifikasi input yang diperoleh menunjukkan kesesuaian antara klasifikasi ISPU berdasarkan lokasi dan waktu pengambilan data.</p>
--	--	---	--	---

3.	Implementasi Monitoring Dan Notifikasi Kualitas Udara Menggunakan Arduino Berbasis IoT (Muzakirin & Mirza, 2022)	Menghasilkan sistem monitoring kualitas udara berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT) yang dikembangkan menggunakan sensor MQ-7 dan DHT11 berhasil mengukur kadar karbon monoksida, suhu, dan kelembaban dengan akurasi yang baik. Sistem ini juga dilengkapi dengan notifikasi yang dapat memberikan peringatan kepada	Menggunakan sensor MQ-7, sensor DHT11, dan aktuator buzzer.	Menggunakan mikrokontroler ESP8266, <i>monitoring</i> untuk menampilkan informasi menggunakan aplikasi <i>website</i> Thingspeak, dan mengirim notifikasi melalui aplikasi Telegram.
----	--	--	---	--

		<p>pengguna jika</p> <p>kadar polusi</p> <p>melebihi ambang</p> <p>batas, sehingga</p> <p>dapat</p> <p>meningkatkan</p> <p>kesadaran</p> <p>masyarakat</p> <p>tentang</p> <p>pentingnya</p> <p>menjaga kualitas</p> <p>udara.</p>		
--	--	---	--	--