

**RANCANG BANGUN PENGEMBANGAN SISTEM
MONITORING KUALITAS UDARA CERDAS
BERBASIS RASPBERRY PI**

SKRIPSI

**OLEH :
ROGADING SIMAMORA
21.812.0041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/6/26

Access From (repository.uma.ac.id)3/6/26

**RANCANG BANGUN PENGEMBANGAN SISTEM
MONITORING KUALITAS UDARA CERDAS
BERBASIS RASPBERRY PI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Di Falkultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH :

ROGADING SIMAMORA

21.812.0041



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/6/26

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Bangun Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Cerdas Berbasis Raspberry Pi
Nama : Rogading Simamora
NPM : 21.812.0041
Fakultas : Teknik

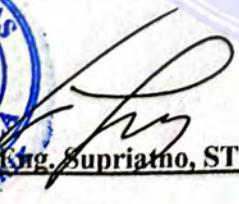
Disetujui Oleh :

Komisi Pembimbing


Ir. Habib Satria, MT, M.Kom, IPM, ASEAN, Eng


Pembimbing




Eng. Supriatno, ST., MT

Dekan




Ir. Habib Satria, MT, M.Kom, IPM, ASEAN, Eng

Ka.Prodi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar serjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 2 September 2025

Penulis,



Rogading Simamora

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rogading Simamora
NPM : 218120041
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi


Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Sistem Pengendalian Traffic Light Berbasis IoT Dengan Deteksi Kepadatan Lalu Lintas Menggunakan Sensor Infrared Dan Notifikasi Real Time”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 2 September 2025

Yang menyatakan


(Rogading Simamora)

ABSTRAK

Rogading Simamora, NPM 21.812.0041, Rancang Bangun Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Cerdas Berbasis Raspberry Pi, dibimbing oleh Ir. Habib Satria, MT., IPM., ASEAN Eng.

Kualitas udara merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Namun, keterbatasan sistem pemantauan konvensional yang mahal dan tidak real-time seringkali menyulitkan masyarakat dalam mengetahui kondisi udara sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Raspberry Pi. Sistem ini memanfaatkan sensor ZH03B untuk mendeteksi partikel debu (PM1.0, PM2.5, PM10) dan sensor DHT22 untuk mengukur suhu serta kelembapan. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP8266, kemudian dikirimkan ke server Raspberry Pi dan ditampilkan pada platform Home Assistant secara real-time. Pengujian dilakukan di lingkungan dalam dan luar ruangan, dengan hasil menunjukkan deviasi kurang dari 10% dibandingkan aplikasi monitoring udara standar. Sistem ini mampu memberikan notifikasi otomatis apabila nilai polutan melebihi ambang batas. Kesimpulannya, sistem yang dirancang dapat menjadi solusi monitoring kualitas udara yang murah, efisien, serta bermanfaat bagi masyarakat untuk meningkatkan kesadaran terhadap kondisi lingkungan.

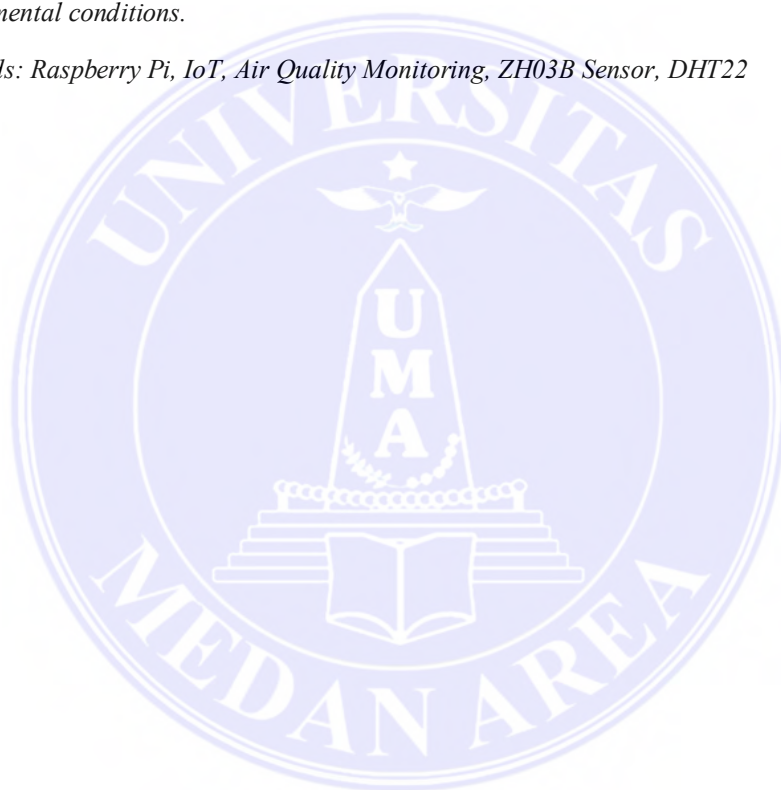
Kata Kunci: *Raspberry Pi, IoT, Kualitas Udara, Sensor ZH03B, DHT22*

ABSTRACT

Rogading Simamora, NPM 21.812.0041, Design and Development of a Smart Air Quality Monitoring System Based on Raspberry Pi, supervised by Ir. Habib Satria, MT., IPM., ASEAN Eng.

Air quality plays a crucial role in human health and the environment, yet conventional monitoring systems are often costly and not real-time. This study aimed to design and develop a prototype of an IoT-based air quality monitoring system using Raspberry Pi. The system integrates the ZH03B sensor to detect particulate matter (PM1.0, PM2.5, PM10) and the DHT22 sensor to measure temperature and humidity. Sensor data are processed by ESP8266 and transmitted to the Raspberry Pi server, then visualized on the Home Assistant platform in real-time. Testing was carried out in both indoor and outdoor environments, showing deviations of less than 10% compared to standard air monitoring applications. The system also successfully provided automatic notifications when pollutant levels exceeded the threshold. In conclusion, the proposed system offers an affordable and efficient solution for real-time air quality monitoring and can increase public awareness of environmental conditions.

Keywords: Raspberry Pi, IoT, Air Quality Monitoring, ZH03B Sensor, DHT22



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di desa Gomit kecamatan siempat nempu kabupaten Dairi pada tanggal 20 januari 1995 dari Ayah Budiman Simamora dan Rotua Sihombing penulis merupakan anak terakhir dari enam bersaudara.

Tahun 2014 Penulis lulus dari SMK Negeri 1 sitinjo kabupaten dairi dan pada tahun 2021 penulis mendaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area jurusan Teknik Elektro.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami serta memperdalam pengetahuan tentang dunia Elektro serta berbagai hal yang berhubungan dengan kelistrikan yang bisa diterapkan penulis di kehidupan sehari hari.

Pada tanggal 01 Agustus 2025 sampai 31 agustus tahun 2025 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Klinik Halim Fertility Center di bawah bimbingan Supervisor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan sekaligus menyusun proposal ini. Adapun judul penelitian yang dilakukan yaitu "RANCANG BANGUN PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA CERDAS BERBASIS RASPBERRY PI".

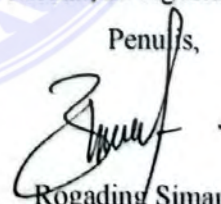
Proposal ini diharapkan dapat menambah kreativitas dan pengetahuan yang baik penulis maupun bagi pembaca. Dalam penyusunan proposal ini, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa materi, moral maupun spiritual. Selayaknya penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua Penulis yang telah memberi dukungan, perhatian dan motivasi dalam proses penelitian ini
2. Bapak Ir.Habib Satria,M.T,IPM ASEAN Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, memberikan saran dan kritik yang membangun dalam penyusunan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yg bersifat membangun akan saya terima dengan hati yang terbuka demi kesempurnaan proposal ini. Akhir kata saya ucapkan Terimakasih.

Medan, 28 Agustus 2025

Penulis,


Rogading Simamora

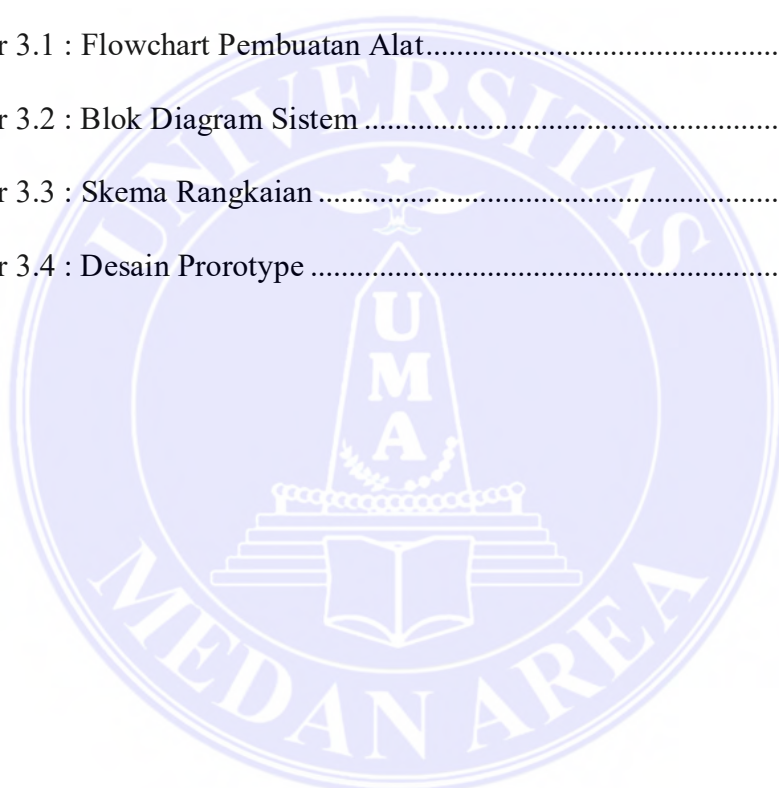
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Kualitas Udara dan Parameter Pengukuran.....	6
2.3 IoT dalam Memonitoring Kualitas Udara	7
2.4 Perangkat Pendukung	7
2.5 Penelitian Terkait.....	12
2.6 Kesimpulan	12
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Pendahuluan	13
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.3 Bahan dan Alat.....	14

3.4	Rancangan Anggaran Biaya	14
3.5	Diagram Alir Pembuatan Alat	15
3.6	Blok Diagram Sistem	17
3.7	Skema Rangkaian	19
3.8	Desain Prototype.....	20
3.9	Metode Pengumpulan Data	20
3.10	Metode Analisa	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Hasil Rancangan Alat	23
4.2	Notifikasi Real time	24
4.3	Analisis Fungsionalitas.....	25
4.4	Hasil Pengujian dan Evaluasi.....	26
4.5	Keterbatasan Sistem	26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
5.1	Kesimpulan	27
5.2	Saran	28
5.3	Lampiran	30
DAFTAR PUSTAKA		22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Raspberry PI 3B.....	7
Gambar 2.2 : Logo Home Assistant	8
Gambar 2.3 : Sensor Partikel SEN0233.....	9
Gambar 2.4 : Konfigurasi PIN ESP8266	11
Gambar 2.5 : Power Supply	11
Gambar 3.1 : Flowchart Pembuatan Alat.....	15
Gambar 3.2 : Blok Diagram Sistem	17
Gambar 3.3 : Skema Rangkaian	19
Gambar 3.4 : Desain Prorotype	20



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Waktu Penelitian	17
Tabel 3.2 : Alat dan Bahan	19
Tabel 3.3 : Rancangan Anggaran Biaya	20
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Alat	29



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara adalah salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Meski demikian, banyak orang sering kali tidak menyadari bahwa udara yang mereka hirup dapat mengandung berbagai polutan berbahaya seperti partikel debu halus (PM2.5 dan PM10), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), dan senyawa organik volatil (VOC). Polutan udara adalah zat atau partikel yang mencemari udara dan dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, serta lingkungan. Polutan ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti kendaraan bermotor, pabrik, pembakaran sampah, hingga aktivitas rumah tangga. Menurut World Health Organization (WHO), paparan terhadap polutan udara yang berbahaya dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, gangguan pernapasan, dan kanker paru-paru. (WHO, 2021).

Namun, kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kualitas udara masih rendah, terutama di negara-negara berkembang. Hal ini diperburuk dengan kurangnya akses terhadap informasi yang akurat dan real-time mengenai kualitas udara di lingkungan sekitar. Sebagian besar sistem pemantauan kualitas udara yang ada saat ini hanya tersedia di kota-kota besar dan membutuhkan infrastruktur yang mahal, sehingga tidak terjangkau oleh masyarakat umum.

Teknologi sensor kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) telah berkembang pesat dan menawarkan solusi efisien serta ekonomis untuk pemantauan udara. Sensor yang dimaksud adalah Sensor SEN0233 yang

merupakan modul sensor udara yang dirancang untuk mendeteksi kualitas udara dengan mengukur konsentrasi partikel PM2.5 dan PM10 di lingkungan sekitarnya. Sensor ini menggunakan teknologi laser scattering untuk mendeteksi partikel halus di udara, seperti debu, asap, dan polutan lainnya, yang dapat berbahaya bagi kesehatan manusia. Perangkat sensor ini tidak hanya terjangkau dan portabel, tetapi juga mampu menyajikan data kualitas udara secara real-time melalui konektivitas nirkabel seperti Wi-Fi. Dengan akses informasi langsung ini, masyarakat dapat segera mengetahui kondisi lingkungan sekitar dan mengambil langkah preventif untuk melindungi kesehatan mereka.

Oleh karena itu, proposal ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat monitoring kualitas udara menggunakan sensor kualitas udara berbasis IoT. Alat ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kualitas udara dan mendorong tindakan proaktif untuk menjaga kesehatan serta lingkungan. Selain itu, data yang dihasilkan oleh alat ini juga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut terkait polusi udara dan upaya mitigasinya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan alat monitoring kualitas udara yang efisien menggunakan sensor berbasis Internet of Things (IoT)?
2. Bagaimana teknologi sensor kualitas udara berbasis IoT dapat memberikan data real-time untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kualitas udara?
3. Apa dampak penggunaan alat monitoring kualitas udara berbasis IoT terhadap pengambilan keputusan untuk melindungi kesehatan masyarakat?

4. Bagaimana cara sistem berbasis IoT dapat digunakan untuk mendeteksi polutan utama dan memberikan peringatan dini kepada pengguna secara otomatis?

1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan alat monitoring ini berfokus pada lingkungan perkotaan dengan tingkat polusi sedang hingga tinggi. Implementasi di pedesaan atau kawasan dengan tingkat polusi rendah tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.
2. Sensor yang digunakan dalam sistem ini hanya mencakup deteksi polutan utama seperti PM2.5, PM10, CO, dan NO2. Polutan lain seperti VOC atau sulfur dioksida (SO2) tidak termasuk dalam sistem ini.
3. Sistem notifikasi real-time hanya dirancang untuk memberikan peringatan melalui perangkat ponsel pintar. Integrasi dengan sistem lain seperti jaringan transportasi atau pemerintah daerah tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.
4. Pengujian alat dilakukan dalam kondisi terkontrol dan tidak mencakup pengujian di kondisi cuaca ekstrem seperti hujan deras atau suhu yang sangat tinggi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan dan membuat prototipe sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT seefisien mungkin yang dapat mendeteksi tingkat polutan utama di udara secara otomatis dan real-time.
2. Merancang fitur notifikasi real-time yang mengirimkan informasi tentang kualitas udara ke perangkat pengguna untuk meningkatkan kesadaran dan membantu pengambilan keputusan dalam melindungi kesehatan.

3. Menghasilkan sistem yang efisien, mudah dioperasikan, dan berpotensi untuk diimplementasikan lebih lanjut dalam skala yang lebih besar.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan terkait pemanfaatan teknologi IoT untuk memantau kualitas udara. Sistem yang dirancang dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang ingin mengeksplorasi pengendalian kualitas udara berbasis teknologi modern.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat menjadi solusi praktis bagi masyarakat untuk meningkatkan kesadaran terhadap kualitas udara di sekitar mereka. Sistem yang dirancang mampu memberikan informasi real-time yang dapat digunakan oleh individu, komunitas, atau pemerintah untuk mengambil tindakan mitigasi terhadap polusi udara. Selain itu, sistem ini berpotensi diimplementasikan secara luas untuk mendukung program lingkungan yang berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, terdapat beberapa sistematika penulisan yang diuraikan berdasarkan beberapa pembagian dalam bab-bab yang akan dibahas, yaitu sebagai berikut:

1. **Bab I Pendahuluan:** Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. **Bab II Tinjauan Pustaka:** Berisi uraian teori-teori yang relevan dengan penelitian ini, termasuk konsep dasar kualitas udara, sensor IoT, dan teknologi monitoring.
3. **Bab III Metodologi Penelitian:** Menjelaskan metode penelitian yang digunakan, termasuk perancangan alat, pengumpulan data, dan analisis data.
4. **Bab IV Hasil dan Pembahasan:** Memaparkan hasil penelitian yang diperoleh serta pembahasannya.
5. **Bab V Kesimpulan dan Saran:** Menyajikan kesimpulan dari penelitian ini serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Tinjauan pustaka bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai teori-teori yang mendukung penelitian ini. Bagian ini akan membahas konsep dasar terkait sistem monitoring kualitas udara, teknologi Internet of Things (IoT), serta implementasi Raspberry Pi sebagai perangkat pemrosesan utama.

2.2 Kualitas Udara dan Parameter Pengukuran

Kualitas udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Beberapa parameter utama yang sering digunakan dalam pengukuran kualitas udara meliputi:

1. Particulate Matter (PM1.0, PM2.5, dan PM10.0) - Partikel udara berukuran kecil yang dapat masuk ke saluran pernapasan dan menyebabkan gangguan kesehatan. PM1.0 adalah partikel dengan ukuran lebih kecil dari 1 mikrometer, PM2.5 lebih kecil dari 2.5 mikrometer, dan PM10 lebih kecil dari 10 mikrometer. (WHO, 2021).
2. Formaldehida (CH₂O) - Senyawa organik volatil yang dapat berasal dari bahan bangunan, furnitur, dan kendaraan bermotor. Paparan formaldehida dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan iritasi pernapasan dan berisiko terhadap kesehatan jangka panjang. (Zhang et al., 2020)
3. Kelembaban - Parameter yang mempengaruhi kualitas udara dan kenyamanan lingkungan. Kelembaban udara yang terlalu tinggi atau rendah dapat

mempengaruhi kesehatan pernapasan dan meningkatkan pertumbuhan jamur serta bakteri. (Arundel et al., 2015)

4. Suhu - Faktor lingkungan yang mempengaruhi reaksi kimia di atmosfer dan kesejahteraan manusia. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan kadar polutan tertentu di udara dan memperburuk kondisi udara di lingkungan perkotaan. (Gao et al., 2020).

2.3 Internet of Things (IoT) dalam Monitoring Kualitas Udara

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang menghubungkan perangkat elektronik melalui internet untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time. Dalam konteks sistem monitoring kualitas udara, IoT memungkinkan sensor untuk mengirimkan data ke server atau cloud, sehingga dapat diakses secara online. (Ray, 2016).

2.4 Perangkat Pendukung

2.4.1 Raspberry Pi sebagai Server untuk Platform Home Assistant



Gambar 2.1 : Raspberry pi 3b

Sumber: <https://www.jameco.com/>

Raspberry Pi merupakan komputer berukuran kecil yang dapat digunakan sebagai server untuk berbagai aplikasi, termasuk sistem otomatisasi rumah menggunakan Home Assistant. Dalam penelitian ini,

digunakan Raspberry Pi 3B sebagai server untuk platform Home Assistant guna mengelola dan memantau kualitas udara secara real-time. Spesifikasi Utama Raspberry Pi 3B:

- 1) Prosesor: Broadcom BCM2837, Quad-core ARM Cortex-A53, 1.2 GHz
- 2) RAM: 1 GB LPDDR2 SDRAM
- 3) Penyimpanan: MicroSD (digunakan sebagai media penyimpanan sistem operasi dan data)
- 4) Konektivitas: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.1 (Bluetooth Low Energy - BLE) dan 10/100 Ethernet
- 5) Port I/O: 4x USB 2.0, HDMI full-size, Jack audio 3.5mm dan GPIO 40-pin untuk koneksi dengan sensor dan perangkat lain

2.4.2 Home Assistant sebagai Platform Integrasi IoT



Gambar 2.2 : Logo Home Assistant

Sumber: <https://www.home-assistant.io/>

Home Assistant adalah sistem operasi berbasis IoT yang memungkinkan integrasi berbagai perangkat pintar dalam satu platform. Dalam penelitian ini, Home Assistant digunakan untuk mengolah data sensor kualitas udara yang dikirimkan oleh ESP8266 ke Raspberry Pi sebagai server. Keunggulan Home Assistant:

- 1) Mendukung berbagai protokol komunikasi seperti MQTT, Zigbee, dan Wi-Fi.
- 2) Memiliki antarmuka berbasis web yang memudahkan pemantauan data secara real-time.
- 3) Dapat dikonfigurasi untuk otomatisasi berbagai perangkat rumah pintar.

2.4.3 Sensor Partikel ZH03B

ZH03B adalah sensor partikel yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi PM1.0, PM2.5, dan PM10.0 dalam udara. Sensor ini bekerja dengan metode laser scattering untuk mengukur jumlah partikel udara secara akurat.



Gambar 2.3 : Sensor Partikel ZH03B

Sumber: <https://www.winsen-sensor.com/>

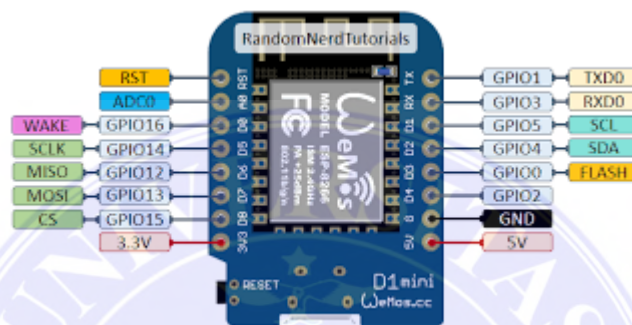
Spesifikasi sensor ZH03B

- 1) Operating Voltage: 5.0VDC
- 2) Maximum Operating Current: 100 mA
- 3) Standby Current: ≤ 200 uA
- 4) Data Interface Level: L<0.8V, H>2.7V, Max 3.3V
- 5) Particle Range of Measurement: 0.3~1.0 μ m; 1.0~2.5 μ m; 2.5~10 μ m

- 6) Particle Counting Efficiency: 50% $@0.3\mu\text{m}$ 98% $@\geq 0.5\mu\text{m}$
- 7) Particle Effective Range (PM2.5 standard): 0~500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 8) Particle Maximum Range (PM2.5 standard): 0~2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 9) Particle Resolution: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 10) Particle Maximum Consistency Error (PM2.5 standard data):
 $\pm 10\% @ 100\sim 500\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $\pm 10\mu\text{g}/\text{m}^3 @ 0\sim 100\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 11) Standard Volume: 0.1 L
- 12) Temperature Measuring Range: 0~99 °C
- 13) Temperature Measuring Resolution: 0.1 °C
- 14) Temperature Measuring Accuracy: ± 0.5 °C
- 15) Humidity Measuring Range: 0~99%
- 16) Humidity Measuring Resolution: 0.1%
- 17) Humidity Measuring Accuracy: $\pm 2\%$
- 18) Single Response Time: ≤ 1 s
- 19) Total Response Time: ≤ 10 s
- 20) Serial Baud Rate: 9600bps
- 21) Operating Temperature Range: -10~+50°C
- 22) Storage Temperature Range: -40~+80°C
- 23) Operating Humidity Range: 0~99%
- 24) MTTF: ≥ 3 years
- 25) Dimensions: 50x38x21mm/1.97x1.50x0.83"

2.4.4 ESP8266 Wemos sebagai Pengolah Data Sensor

ESP8266 adalah modul Wi-Fi dengan mikrokontroler yang digunakan untuk membaca data dari sensor ZH03B dan mengirimkannya ke Raspberry Pi melalui jaringan nirkabel.



Gambar 2.4 : Konfigurasi Pin ESP8266

Spesifikasi utama ESP8266 NodeMCU:

- 1) Prosesor: Tensilica L106 32-bit
- 2) RAM: 80 KB
- 3) Penyimpanan Flash: 4 MB
- 4) Konektivitas Wi-Fi 2.4 GHz
- 5) Mendukung komunikasi melalui UART, SPI, dan I²C

2.4.5 Adaptor Power supply 5V DC



Gambar 2.5 : Power Supply

Sumber: <https://www.tokopedia.com/>

Setiap perangkat dalam sistem ini memerlukan suplai daya yang stabil untuk beroperasi dengan baik. Oleh karena itu, digunakan power supply 5V DC dengan spesifikasi:

- 1) Raspberry Pi 3B: membutuhkan minimal 5V 2.5A
- 2) ESP8266: membutuhkan 3.3V (dengan regulator dari 5V)
- 3) Sensor ZH03B: membutuhkan 5V DC

2.4.6 DHT22

Sensor DHT22 atau dikenal juga dengan AM2302 merupakan sensor digital yang memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembapan lingkungan secara presisi. Dalam konteks sistem monitoring kualitas udara cerdas yang dirancang pada penelitian ini, sensor DHT22 berperan penting sebagai pendukung analisis parameter lingkungan mikro, selain partikel debu (PM) yang terdeteksi oleh sensor ZH03B. Parameter suhu dan kelembapan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap persebaran dan konsentrasi partikulat di udara. Udara dengan kelembapan tinggi, misalnya, cenderung menyebabkan partikel debu

lebih cepat mengendap, sementara suhu tinggi dapat mempercepat reaksi kimia polutan di atmosfer. Oleh karena itu, pengukuran suhu dan kelembapan secara real-time menjadi bagian integral dalam sistem monitoring kualitas udara berbasis Raspberry Pi yang dikembangkan.

Sensor DHT22 memiliki keunggulan dalam hal akurasi tinggi, konsumsi daya rendah, dan komunikasi digital sederhana, sehingga sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP8266. Data dari DHT22 dikirim secara digital dan langsung ditampilkan pada dashboard Home Assistant, sekaligus ditampilkan secara lokal pada OLED display.

Dengan adanya sensor ini, sistem tidak hanya memberikan informasi konsentrasi PM1.0, PM2.5, dan PM10, tetapi juga memberikan gambaran kondisi lingkungan yang lebih holistik dan mendalam. Hal ini mendukung tujuan utama dari penelitian, yaitu merancang sistem monitoring kualitas udara yang cerdas, terintegrasi, dan responsif terhadap kondisi lingkungan aktual. Spesifikasi Sensor DHT22 (AM2302):

1. Tegangan Operasional: 3.3V – 6.0V DC
2. Arus Operasional: 1.5 mA saat pengukuran, 60 μ A saat idle
3. Jalur Komunikasi: Digital Single-Wire Interface
4. Rentang Pengukuran Suhu: -40°C hingga $+80^{\circ}\text{C}$
5. Resolusi Suhu: 0.1°C
6. Akurasi Suhu: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
7. Rentang Pengukuran Kelembapan: 0% RH hingga 100% RH
8. Resolusi Kelembapan: 0.1% RH
9. Akurasi Kelembapan: $\pm 2\%$ RH

10. Frekuensi Sampling: 0.5 Hz (setiap 2 detik)
11. Panjang Kabel Maksimal: ± 20 meter (dengan resistor pull-up)
12. Dimensi Fisik: $\pm 15.1 \times 25 \times 7.7$ mm
13. Waktu Respons: < 5 detik
14. Stabilitas Jangka Panjang: $< \pm 0.5\%$ RH per tahun
15. Waktu Pakai: > 5 tahun dalam kondisi normal



Gambar 2.5 : DHT22

Sumber : dokumentasi

2.4.8 Piezo Buzzer Aktif

Piezo buzzer merupakan komponen output berupa transduser audio yang menghasilkan bunyi sebagai bentuk peringatan atau notifikasi. Dalam penelitian ini, buzzer digunakan sebagai indikator peringatan lokal (alarm fisik) saat nilai polusi udara melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Misalnya, saat kadar PM2.5 melebihi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sistem akan memicu buzzer untuk berbunyi sebagai sinyal bahaya atau kondisi tidak sehat.

Integrasi buzzer dalam sistem monitoring kualitas udara cerdas berbasis Raspberry Pi ini merupakan bentuk implementasi sistem peringatan dini (early warning

system), yang tidak hanya bersifat digital (via notifikasi Home Assistant), tetapi juga dapat langsung dirasakan pengguna di sekitar perangkat secara real-time. Hal ini penting terutama jika perangkat digunakan di lingkungan publik, laboratorium, atau rumah tangga yang membutuhkan respon cepat terhadap kondisi udara berbahaya.

Buzzer yang digunakan dalam sistem ini adalah jenis piezo buzzer aktif, yang sudah memiliki osilator internal, sehingga cukup diberi tegangan logika (HIGH/LOW) tanpa perlu sinyal PWM eksternal. Modul ini sangat hemat daya, mudah dikendalikan dengan mikrokontroler seperti ESP8266, dan memberikan output suara dengan frekuensi konstan dan tingkat kebisingan cukup untuk menarik perhatian pengguna.

Spesifikasi Piezo Buzzer Aktif:

1. Tegangan Operasional: 3.3V – 5.0V DC
2. Jenis: Buzzer aktif (dengan osilator internal)
3. Frekuensi Suara: ± 2.3 kHz (tetap, tergantung modul)
4. Tipe Suara: Nada tunggal kontinu (tergantung input logika)
5. Tingkat Kebisingan: ± 85 dB pada jarak 10 cm
6. Arus Operasional: $\pm 5 - 20$ mA
7. Jumlah Pin: 2 pin (VCC dan GND), dikendalikan oleh GPIO
8. Dimensi Modul: $\pm 10 - 12$ mm diameter (tergantung model)

9. Waktu Respons: Instan (<1 detik sejak logika HIGH diterima)
10. Daya Tahan: ≥ 10.000 siklus bunyi
11. Kompatibilitas: ESP8266, ESP32, Arduino, Raspberry Pi, dsb
12. Kondisi Penggunaan: Indikator notifikasi lokal berbasis kondisi logika program

2.4.7 Oled Display 128*64

OLED (Organic Light Emitting Diode) Display 128×64 adalah modul tampilan berbasis teknologi emisi cahaya organik yang tidak memerlukan backlight, sehingga konsumsi dayanya sangat rendah. Modul ini sangat populer dalam proyek-proyek IoT karena ukurannya yang kecil, kontras tinggi, dan kemampuannya menampilkan teks maupun grafik secara tajam.

Fungsi dalam Penelitian

Modul OLED ini digunakan sebagai media output visual langsung dari mikrokontroler ESP8266 untuk menampilkan data kualitas udara secara lokal. Dengan OLED, pengguna dapat melihat informasi seperti PM1.0, PM2.5, PM10, suhu, dan kelembapan tanpa harus membuka dashboard Home Assistant, sehingga meningkatkan portabilitas dan aksesibilitas alat.

Kelebihan:

- Konsumsi daya rendah, cocok untuk perangkat portabel.
- Tampilan kontras tinggi, mudah dibaca dalam berbagai kondisi pencahayaan.
- Mudah diprogram dan terintegrasi dengan berbagai library open-source.

Berikut ini merupakan Spesifikasi OLED Display 128×64

- 1) Tipe Panel: OLED Monokrom
- 2) Resolusi Tampilan: 128×64 piksel
- 3) Ukuran Layar: 0.96 inci (tersedia juga versi 1.3 inci)
- 4) Warna Layar: Putih, Biru, atau Kuning-Biru (tergantung jenis modul)
- 5) Antarmuka Komunikasi: I²C (default), beberapa mendukung SPI
- 6) Tegangan Operasi: 3.3V – 5.0V DC (dengan regulator onboard)
- 7) Konsumsi Daya: <20 mA saat aktif, <2 mA dalam kondisi idle
- 8) Chip Kontroler: SSD1306
- 9) Sudut Pandang: Lebih dari 160°
- 10) Kontras: Tinggi, mampu menampilkan karakter dan grafik tajam
- 11) Dimensi Fisik: Sekitar 27 mm × 27 mm (untuk versi 0.96 inci)
- 12) Jumlah Pin: 4 pin (VCC, GND, SCL, SDA)
- 13) Kompatibilitas: Arduino, ESP8266, ESP32, STM32, Raspberry Pi
- 14) Library Pendukung: Adafruit_SSD1306, U8g2, ESP8266_OLED
- 15) Tipe Tampilan: Monokrom (1-bit per piksel)
- 16) Latar Belakang: Tidak memerlukan backlight (self-emitting pixel)
- 17) Tipe Display: Passive Matrix OLED
- 18) Kecepatan Refresh: Cukup tinggi untuk menampilkan grafik sederhana



Gambar 2.7 : Oled display 128*64

2.5 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik ini antara lain:

- 1) (Y. Fikri, S. Sumardi, dan B. Setiyono , 2013) pemantauan kualitas udara menggunakan mikrokontroler ATmega 8535
- 2) Widiyanto, E. D. (2020). Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan LORA Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel. Transm. Jurnal Ilmu Teknologi Elektro
- 3) Kurnianto, D., Testy, K. N., & Yuliantoro, P. (2022). Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa di IT Telkom Purwokerto. Dinamika Rekayasa, 18(1), 35

2.6 Kesimpulan

Bab ini telah membahas berbagai konsep dan penelitian yang mendukung pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis Raspberry Pi. Pemahaman terhadap parameter kualitas udara, teknologi IoT, serta perangkat pendukung seperti Home Assistant, sensor ZH03B, ESP8266, dan catu daya 5V DC menjadi dasar dalam perancangan sistem yang lebih efektif dan efisien. Bagian ini dapat diperluas dengan menambahkan referensi spesifik sesuai dengan penelitian yang telah digunakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang digunakan dalam perancangan dan pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis Raspberry Pi. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari studi literatur, pengumpulan alat dan bahan, perancangan sistem, pengujian, hingga analisis data untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian dalam perancangan alat prototype “Rancang Bangun Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Cerdas Berbasis Raspberry PI ” ini yaitu :

Nama Tempat : CV.Angkasa Mobie Tech

Alamat : JL.Sultan Serdang Dusun II Sena Gg.Iklas Bt.Kuis

3.2.2 Waktu Penelitian

Proses penelitian ini membutuhkan waktu kurang lebih 3 bulan sebagaimana yang diuraikan pada tabel dibawah ini

Tabel 3.1 : Waktu Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan Ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur												
2	Pengumpulan Alat/Bahan												
3	Perancangan Desain Alat												

4	Pembuatan Alat													
5	Pengujian Alat, Analisis dan Pengumpulan Data													
6	Penyusunan Laporan													

3.3 Bahan dan Alat

Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang di uraikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 : Alat dan Bahan

No	Alat/Bahan
1	Raspberry Pi 3B
2	Micro SD 16 GB
3	Sensor Partikel ZH03B
4	ESP8266 NodeMCU
5	DHT22
6	Piezo active
7	board pcb 1 buah
8	Power supply 5V 1 buah
9	Laptop 1 buah
10	Solder 1 buah
11	Timah solder
12	Kotak casing
13	Kabel jumper

3.4 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Total biaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah **Rp.2.000.000**

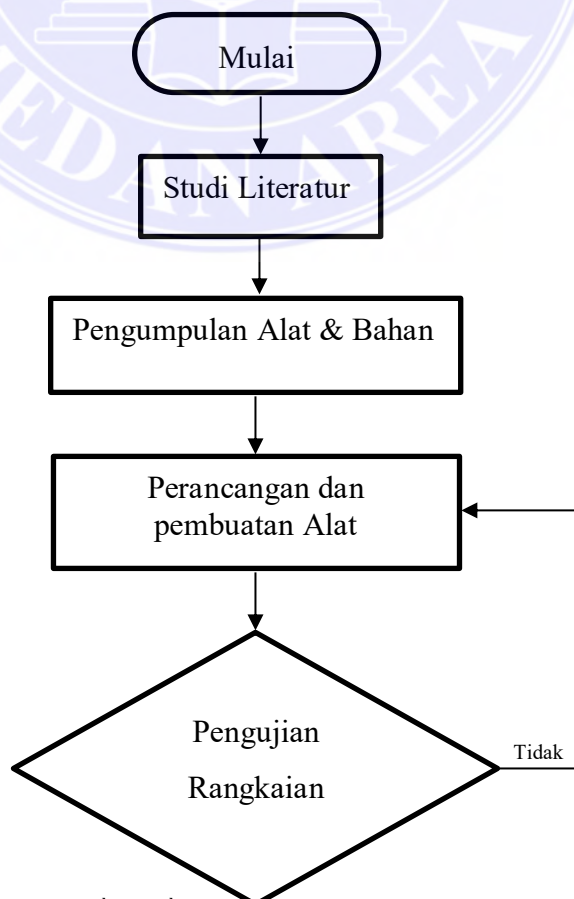
Tabel 3.3 : Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

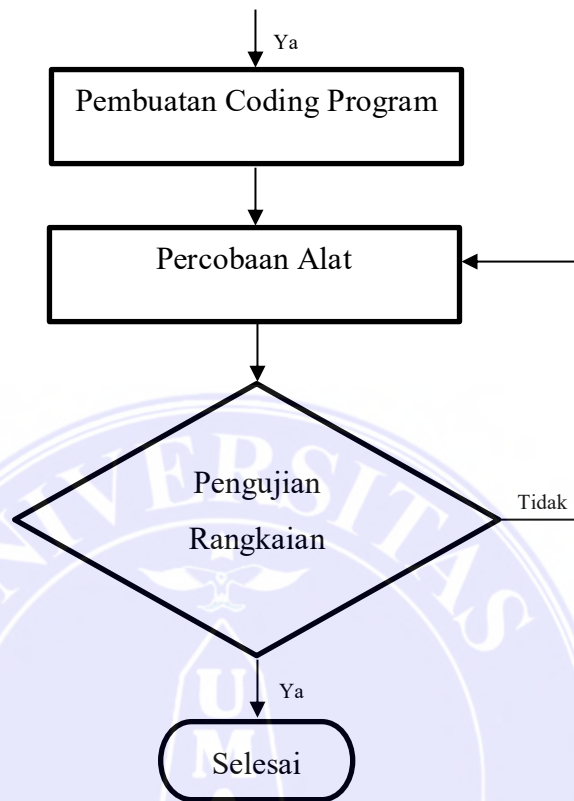
No	Item	Harga Satuan	Jumlah	Sub Total (Rp)
1	Raspberry Pi 3B	Rp. 800.000	1	Rp. 1.200.000

2	Micro SD 16 GB	Rp. 100.000	1	Rp. 100.000
3	Sensor Partikel SEN0233	Rp. 300.000	1	Rp. 800.000
4	ESP8266 NodeMCU	Rp. 100.000	1	Rp. 100.000
5	Papan pcb	Rp. 15.000	1	Rp. 15.000
6	DHT22	Rp. 50.000	2	Rp. 2.000
7	Piezo active	Rp. 20.000	1	Rp. 20.000
8	Power supply 5V	Rp. 100.000	1	Rp. 100.000
9	Solder	Rp. 50.000	1	Rp. 50.000
10	Timah solder	Rp. 20.000	1	Rp. 20.000
11	Kotak casing	Rp. 150.000	1	Rp. 150.000
Total				

3.5 Diagram Alir Pembuatan Alat

Flowchart ini menggambarkan langkah-langkah dalam proses perancangan dan pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis Raspberry Pi. Berikut adalah penjelasan setiap tahapan dalam diagram alir





Gambar 3.1 Flowchart Pembuatan Alat

1. Mulai

Proses dimulai dengan menentukan konsep dan tujuan pembuatan alat sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

2. Perencanaan dan Perancangan Alat

Tahap ini mencakup studi literatur, pemilihan komponen yang digunakan seperti Raspberry Pi 3B, sensor partikel ZH03B, ESP8266, serta perancangan sistem monitoring berbasis Home Assistant.

3. Pembuatan Alat

Setelah perancangan selesai, perangkat keras mulai dirakit sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat. Sensor dan modul dihubungkan ke ESP8266 sebagai pengontrol utama sebelum dikirim ke server Raspberry Pi 3B.

4. Pengujian Rangkaian Alat

Setelah alat selesai dirakit, dilakukan pengujian rangkaian untuk memastikan semua koneksi dan modul bekerja dengan baik. Jika tidak berhasil, maka kembali ke proses perbaikan dan dilakukan pengecekan ulang. Jika berhasil, proses dilanjutkan ke tahap berikutnya.

5. Pembuatan Coding Program Alat

Pada tahap ini, program untuk membaca data sensor dan mengirimkannya ke platform Home Assistant dikembangkan. ESP8266 diprogram agar dapat mengolah data dari sensor sebelum dikirimkan ke server Raspberry Pi.

6. Percobaan Alat

Setelah program selesai dibuat, alat diuji dengan kondisi nyata untuk melihat apakah sistem bekerja sebagaimana mestinya.

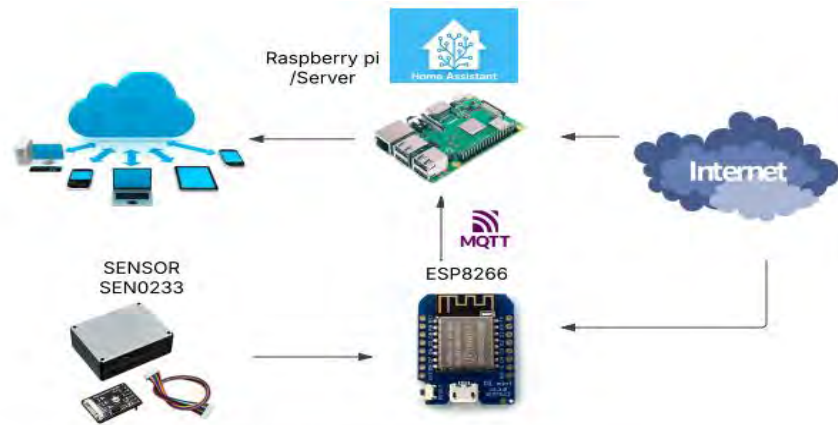
7. Pengujian Alat

Setelah dilakukan percobaan awal, alat diuji lebih lanjut untuk mengevaluasi performanya. Jika alat tidak berhasil, maka dilakukan perbaikan alat dan kembali ke tahap percobaan. Jika alat berhasil, maka sistem dinyatakan selesai.

8. Selesai

Setelah semua tahapan berjalan dengan baik, alat siap digunakan untuk penelitian dan pengambilan data.

3.6 Blok Diagram Sistem



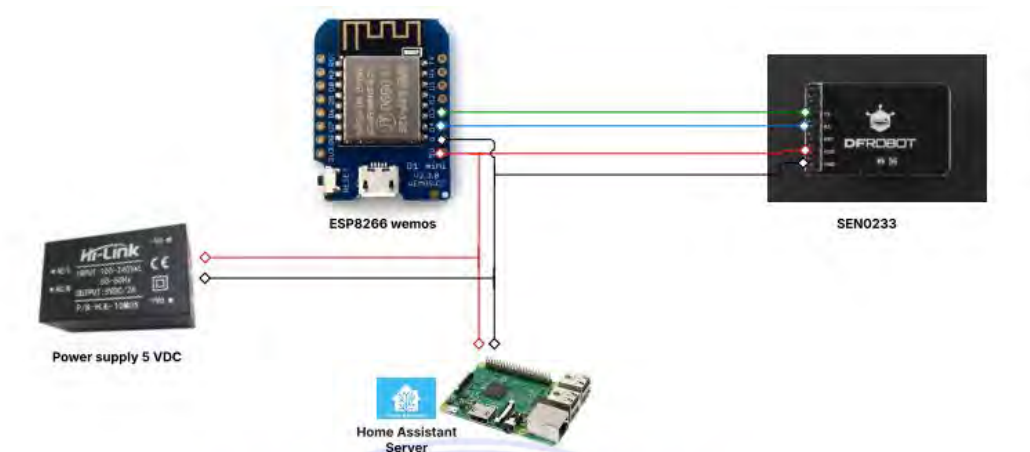
Gambar 3.2 : Blok Diagram Sistem

Blok diagram pada gambar di atas menunjukkan bagaimana sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Raspberry Pi bekerja dengan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu sensor, ESP8266, Raspberry Pi sebagai server, serta platform Home Assistant. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing komponen dan aliran data yang terjadi:

1. Sensor ZH03B (Particulate Matter Sensor)
 - 1) Sensor ZH03B digunakan untuk mengukur partikel udara (PM 1.0, PM 2.5, PM 10.0) serta formaldehida yang merupakan parameter utama dalam pemantauan kualitas udara.
 - 2) Sensor ini mendeteksi tingkat polusi udara berdasarkan jumlah partikel dalam mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 - 3) Data dari sensor dikirim ke ESP8266 untuk diproses lebih lanjut.
2. ESP8266 (Microcontroller & IoT Gateway)
 - 1) ESP8266 NodeMCU berfungsi sebagai mikrokontroler sekaligus modul komunikasi yang menghubungkan sensor dengan server Raspberry Pi.

- 2) Data yang diperoleh dari sensor dikumpulkan dan dikirimkan ke Raspberry Pi melalui protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).
 - 3) MQTT adalah protokol komunikasi ringan yang ideal untuk sistem IoT karena efisien dalam pengiriman data ke server.
 - 4) ESP8266 juga terhubung ke jaringan Wi-Fi, memungkinkan komunikasi dengan Raspberry Pi melalui internet.
3. Raspberry Pi sebagai Server (Platform Home Assistant)
- 1) Raspberry Pi 3B digunakan sebagai server yang menjalankan platform Home Assistant untuk memproses dan menyajikan data dari sensor.
 - 2) Home Assistant adalah sistem open-source yang dapat mengintegrasikan perangkat IoT dan memberikan tampilan dashboard untuk memantau kualitas udara secara real-time.
 - 3) Data dari ESP8266 diterima oleh Raspberry Pi melalui MQTT Broker, lalu disimpan dan ditampilkan di Home Assistant.
4. Koneksi ke Internet dan Perangkat Pemantauan
- 1) Raspberry Pi dapat terhubung ke internet, memungkinkan pengguna untuk memantau kualitas udara secara jarak jauh melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau komputer.
 - 2) Sistem ini mendukung akses melalui dashboard Home Assistant, yang bisa diakses secara lokal maupun melalui cloud

3.7 Skema Rangkaian



Gambar 3.3 : Skema Rangkaian

Sumber : dokumentasi

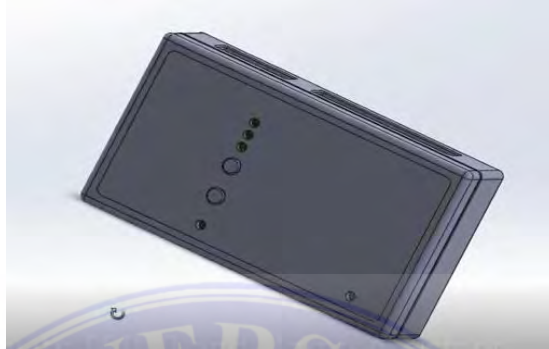
Berikut ini merupakan skema rangkaian dari sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang menggunakan Raspberry Pi 3B sebagai server, ESP8266 sebagai pengendali utama, serta sensor ZHO3B untuk mendeteksi kualitas udara

Berikut penjelasan singkat dan spesifik dari skema rangkaian:

- 1) Sumber Daya
- 2) Power supply 5V DC memberikan tegangan yang diperlukan ke semua komponen.
- 3) Sensor ZH03B
- 4) Terhubung ke ESP8266 melalui sambungan data serial (TX/RX) serta mendapatkan daya dari 5V dan ground (GND).
- 5) ESP8266
- 6) Membaca data dari sensor dan mengirimkan informasi melalui Wi-Fi menggunakan protokol MQTT.
- 7) Raspberry Pi 3B

- 8) Bertindak sebagai server yang menjalankan Home Assistant, menerima data dari ESP8266, dan menampilkannya secara real-time dalam dashboard.

3.8 Desain Prototype



Gambar 3.4 : Desain Prototype

Sumber : dokumentasi

Desain ini menggambarkan tata letak perangkat dan sensor dalam casing yang akan digunakan.

3.9 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

- 1) Pengamatan langsung terhadap parameter kualitas udara yang diukur.
- 2) Perekaman data otomatis melalui sistem IoT dan Home Assistant.
- 3) Pencatatan manual untuk validasi hasil pengukuran

3.10 Metode Analisa

Analisis dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari sensor dengan standar kualitas udara yang telah ditetapkan. Hasil analisis akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dirancang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kualitas udara berbasis Raspberry Pi dengan sensor SEN0233 dan ESP8266 berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik.
2. Sistem mampu menampilkan data PM1.0, PM2.5, dan PM10 secara real-time melalui Home Assistant.
3. Sistem juga berhasil memberikan notifikasi otomatis saat terjadi peningkatan polutan yang signifikan.
4. Alat ini dapat menjadi solusi monitoring udara murah dan efektif untuk lingkungan lokal.

5.2 Saran

1. Pengembangan Sensor Tambahan
Disarankan untuk menambahkan sensor gas seperti MQ-135 atau sensor CO/NO₂ agar sistem mampu mendeteksi lebih banyak jenis polutan.
2. Penyimpanan Lokal dan Backup Data
Implementasi penyimpanan data lokal menggunakan SD card atau

integrasi dengan InfluxDB dapat dilakukan untuk menghindari kehilangan data saat internet padam.

3. Desain Portabel dan Tahan Cuaca

Untuk penggunaan luar ruangan, perlu pengembangan casing tahan air dan sinar matahari serta penggunaan baterai yang tahan lama.

4. Integrasi Lanjutan

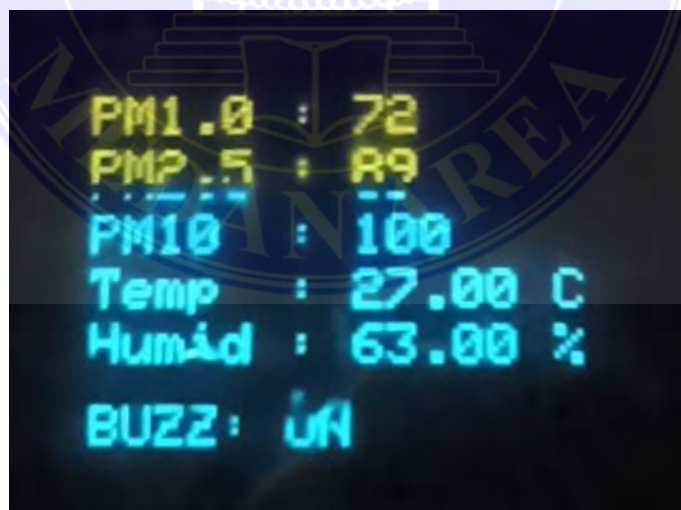
Sistem dapat diintegrasikan dengan platform smart city atau layanan publik lainnya sebagai alat pendukung pengambilan keputusan berbasis data.



DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization (WHO). (2021). *Air quality and health*. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/air-quality-and-health>
- Zhang, X., et al. (2020). Formaldehyde exposure and its health effects: A comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1-14.
- Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., & Sterling, T. D. (2015). Associations between Humidity and Infection Absenteeism in a Large Office Building. *ASHRAE Transactions*, 102(1), 486-492.
- Gao, J., et al. (2020). The impact of temperature on air pollution: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 17895-17910.
- Ray, P. P. (2016). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 28(3), 378–398.
- Setyawan, W., Hadary, F., & Saleh, M. (2022). *Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara di Daerah Rural dengan Karakteristik Gambut Berbasis Teknologi Internet of Things (IoT)*. *Jurnal Teknik Elektro Univ. Tanjungpura*, 2(1), 1–16.
- Telaumbanua, S. (2021). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things*. *Jurnal Resistor*, 3(1), 2654–2684.

LAMPIRAN I : Proses Pengerjaan Alat



LAMPIRAN II : Program Alat

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <PubSubClient.h>

#include <SD_ZH03B.h>

#include <SoftwareSerial.h>

#include <Wire.h>

#include <Adafruit_GFX.h>

#include <Adafruit_SSD1306.h>

#include <DHT.h>

// OLED

#define SCREEN_WIDTH 128

#define SCREEN_HEIGHT 64

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

// DHT22

#define DHTPIN D4

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Buzzer

#define BUZZER_PIN D7
```

```
// Ambang batas

#define PM25_THRESHOLD 35

#define PM10_THRESHOLD 50

#define TEMP_THRESHOLD 35

#define HUMIDITY_THRESHOLD 80

// WiFi

const char* ssid = "kohlerjait";

const char* password = "blackscoriol";

// MQTT

const char* mqtt_server = "192.168.1.24";

const int mqtt_port = 1883;

const char* mqtt_user = "mqtt_user";

const char* mqtt_password = "218120041";

const char* topic_pm1_0 = "sensor/zh03b/pm1_0";

const char* topic_pm2_5 = "sensor/zh03b/pm2_5";

const char* topic_pm10_0 = "sensor/zh03b/pm10_0";

const char* topic_temp = "sensor/dht22/temperature";

const char* topic_hum = "sensor/dht22/humidity";
```

```
// ZH03B

SoftwareSerial ZHSerial(D5, D6);

SD_ZH03B ZH03B(ZHSerial, SD_ZH03B::SENSOR_ZH03B);

// MQTT Client

WiFiClient espClient;

PubSubClient client(espClient);

// Data

int pm1 = 0, pm25 = 0, pm10 = 0;

float temperature = 0.0, humidity = 0.0;

bool isDanger = false;

// Waktu

unsigned long lastSensorRead = 0;

const unsigned long sensorInterval = 5000;

// Buzzer

unsigned long lastBeepCycle = 0;

int beepStage = 0;

void setup_wifi() {
```

```
WiFi.begin(ssid, password);

Serial.print("Connecting to WiFi");

int retry = 0;

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

    delay(500);

    Serial.print(".");

    if(++retry > 20) ESP.restart();

}

Serial.println("\nWiFi connected");

Serial.println(WiFi.localIP());

}

bool reconnectMQTT() {

    if(!client.connected()) {

        String clientId = "ESP8266Client-" + String(random(0xffff), HEX);

        return client.connect(clientId.c_str(), mqtt_user, mqtt_password);

    }

    return true;

}

void readSensors() {

    if (ZH03B.readData() {
```

```
pm1 = ZH03B.getPM1_0();  
  
pm25 = ZH03B.getPM2_5();  
  
pm10 = ZH03B.getPM10_0();  
  
}  
  
temperature = dht.readTemperature();  
  
humidity = dht.readHumidity();  
  
if (isnan(temperature)) temperature = 30.0 + random(-5, 6);  
if (isnan(humidity)) humidity = 60.0 + random(-10, 11);  
  
Serial.printf("PM1.0: %d, PM2.5: %d, PM10: %d\n", pm1, pm25, pm10);  
Serial.printf("Temp: %.1fC, Humid: %.1f%%\n", temperature, humidity);  
}  
  
void checkThresholdAndAlarm() {  
  
    isDanger = false;  
  
    if (pm25 > PM25_THRESHOLD) isDanger = true;  
  
    if (pm10 > PM10_THRESHOLD) isDanger = true;  
  
    if (temperature > TEMP_THRESHOLD) isDanger = true;  
  
    if (humidity > HUMIDITY_THRESHOLD) isDanger = true;
```

```
Serial.print("Status Bahaya: ");  
  
Serial.println(isDanger ? "YA" : "TIDAK");  
  
}
```

```
void handleBuzzer() {  
  
    unsigned long now = millis();  
  
    static bool buzzerOn = false;  
  
    if (!isDanger) {  
  
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);  
  
        beepStage = 0;  
  
        return;  
    }  
  
    switch (beepStage) {  
  
        case 0:  
  
            if (now - lastBeepCycle >= 5000) {  
  
                digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);  
  
                buzzerOn = true;  
  
                lastBeepCycle = now;  
  
                beepStage = 1;  
  
            }  
  
        }  
  
    }
```

```
break;

case 1:

if (now - lastBeepCycle >= 50) {

    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    buzzerOn = false;

    lastBeepCycle = now;

    beepStage = 2;

}

break;

case 2:

if (now - lastBeepCycle >= 50) {

    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);

    buzzerOn = true;

    lastBeepCycle = now;

    beepStage = 3;

}

break;

case 3:

if (now - lastBeepCycle >= 50) {

    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    buzzerOn = false;

    beepStage = 0;
```

```
ZHSerial.begin(9600);

delay(100);

ZH03B.setMode(SD_ZH03B::IU_MODE);

delay(1000);

}

void loop() {

  if(!client.connected()) {

    reconnectMQTT();

  }

  client.loop();

  if(millis() - lastSensorRead >= sensorInterval) {

    lastSensorRead = millis();

    readSensors();

    checkThresholdAndAlarm();

    publishSensors();

    updateOLED();

  }

  handleBuzzer();

}
```

```
    }  
  
    break;  
  
    }  
  
    }  
  
void publishSensors() {  
    if(client.connected()) {  
  
        client.publish(topic_pm1_0, String(pm1).c_str(), true);  
  
        client.publish(topic_pm2_5, String(pm25).c_str(), true);  
  
        client.publish(topic_pm10_0, String(pm10).c_str(), true);  
  
        client.publish(topic_temp, String(temperature).c_str(), true);  
  
        client.publish(topic_hum, String(humidity).c_str(), true);  
  
    }  
}  
  
void updateOLED() {  
  
    display.clearDisplay();  
  
    display.setTextSize(1);  
  
    display.setTextColor(SSD1306_WHITE);  
  
    display.setCursor(0, 0);  display.print("PM1.0 : "); display.println(pm1);  
  
    display.setCursor(0, 10); display.print("PM2.5 : "); display.println(pm25);  
  
    display.setCursor(0, 20); display.print("PM10 : "); display.println(pm10);  
  
}
```

```
display.setCursor(0, 30); display.print("Temp :"); display.print(temperature);  
display.println(" C");  
  
display.setCursor(0, 40); display.print("Humid : "); display.print(humidity);  
display.println(" %");  
  
display.setCursor(0, 55); display.print("BUZZ: "); display.println(isDanger ?  
"ON" : "OFF");  
  
display.display();  
}
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);  
  digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);  
  
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {  
    Serial.println(F("OLED gagal"));  
    while (true);  
  }  
}
```

```
display.clearDisplay();  
  
dht.begin();  
  
setup_wifi();  
  
client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
```