

**MONITORING DATA CUACA (SUHU DAN TEKANAN UDARA) SERTA  
POLA KONSENTRASI GAS NH<sub>3</sub>, CO, DAN CO<sub>2</sub> DI UDARA  
MENGUNAKAN BMP280 DAN MQ-135 BERBASIS LORA**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**FATHULLAH ARIFIN**  
NIM. 16640070



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**MONITORING DATA CUACA (SUHU DAN TEKANAN UDARA) SERTA  
POLA KONSENTRASI GAS NH<sub>3</sub>, CO, DAN CO<sub>2</sub> DI UDARA  
MENGUNAKAN BMP280 DAN MQ-135 BERBASIS LORA**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**EATHULLAHARIEIN  
NIM. 16640070**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

MONITORING DATA CUACA (SUHU DAN TEKANAN UDARA) SERTA  
POLA KONSENTRASI GAS NH<sub>3</sub>, CO, DAN CO<sub>2</sub> DI UDARA  
MENGUNAKAN BMP280 DAN MQ-135 BERBASIS LORA

SKRIPSI

Oleh:

FATHULLAH ARIFIN

NIM. 16640070

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal, 17 Juni 2023

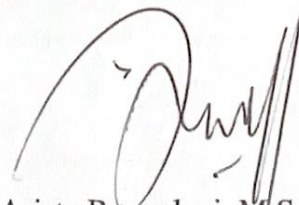
Pembimbing I



Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP.19740730 200312 1 002

Pembimbing II



Arista Ramadani, M.Sc

NIP. 19900905 201903 1 018

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP.19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

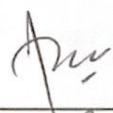

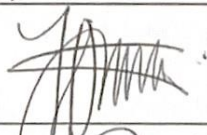
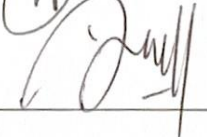
MONITORING DATA CUACA (SUHU DAN TEKANAN UDARA) SERTA  
POLA KONSENTRASI GAS NH<sub>3</sub>, CO, DAN CO<sub>2</sub> DI UDARA  
MENGUNAKAN BMP280 DAN MQ-135 BERBASIS LORA

### SKRIPSI

Oleh:

Fathullah Arifin  
NIM. 16640070

Telah diperiksa dan disahkan  
Pada tanggal, 23 Juni 2023

Ketua Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Pembimbing I	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP.19740730 200312 1 002	
Pembimbing II	<u>Arista Romadani, M.Sc</u> NIP. 19900905 201903 1 018	

Mengesahkan,

Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : FATHULLAH ARIFIN  
NIM : 16640070  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : MONITORING DATA CUACA (SUHU DAN TEKANAN UDARA) SERTA POLA KONSENTRASI GAS NH<sub>3</sub>, CO, DAN CO<sub>2</sub> DI UDARA MENGGUNAKAN BMP280 DAN MQ-135 BERBASIS LORA

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



Fathullah Arifin  
NIM. 16640070

## MOTTO

لَأَنَّ أَبِي أَنْزَلَنِي مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ، وَأُسْتَاذِي يَرْفَعَنِي مِنَ الْأَرْضِ إِلَى السَّمَاءِ

*“Tujuan Saya Bukan untuk Mencari Nilai tapi untuk Menjadi Orang yang Bernilai”*

*-AF7*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam, Sang pencipta, penguasa alam jagat raya yang mengatur kehidupan di alam semesta yang indah dan menakjubkan ini, Tuhan sang pemberi nikmat dan rahmat kepada seluruh makhluk-Nya “*Alhamdulillah robbil ‘alamiin*”, semoga lembaran-lembaran ini menjadi amal sholeh dan selalu dalam ridho-Nya.

*Sayyid* kita, Nabi Muhammad SAW yang memberi seberkas cahaya pada kalbu yang penuh dosa pembimbing umat dengan penuh asmara pada Sang Pencipta Semesta dalam keindahan drajat ilmu paling mulia yakni *akhlakul karimah*, serta berharap di hari akhir nanti mendapat syafa’atnya pada hari kiamat

لي محباتي وبيصيافاتي رسول الله شلال الله عليه وسلم (الفاحة)

Orang tua spiritual KH. Muhmmad Hajar Ismail, Nyai MAS Saidatul Barriyah Basyaiban, serta seluruh *durriyah* bani Ismail dan Basyaiban yang telah membimbing dan mengajarkan saya ilmu agama.

Orang tua Bapak H. Zainal Arifin, Ibu Faridah (almh), dan Ibu Miftakhul Jannah, S.Pd serta segenap keluarga besar Bani Qusyairy dan Bani Chajin yang telah memberi nafkah, kasih sayang dan dukungan serta do’a yang telah dipanjatkan selama ini sehingga saya dapat kuat menjalani hidup jauh dari keluarga demi menggapai cita-cita.

Para dosen dan pembimbing yang telah membagi setetes ilmu dari lapangnya Samudra ilmu Yang Maha mengetahui, lewat tutur kata, lantunan doa keindahan dan bantuan yang tak ternilai bak 0 dibagi variable angka, terutama dibidang ilmu fisika. Semoga berkah dan bermanfaat di dunia sampai akhirat.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Monitoring Data Cuaca (Suhu dan Tekanan Udara) serta Pola Konsentrasi Gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di Udara Menggunakan BMP280 dan MQ-135 Berbasis LoRa”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang yakni *Ad-Dinul Al-Islam*.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi skripsi ini dengan baik. Khususnya penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. KH. Muhammad Hajar Ismail, Nyai MAS Saidatul Barriyah Basyaiban selaku pengasuh PP. Salafiyah Syafi'iah Darul Ismail At-Taufiq.
2. Bapak H. Zainal Arifin, Ibu Faridah (almh), dan Ibu Miftakhul Jannah, S.Pd selaku orang tua yang selalu mendukung secara moral, finansial, dan bahkan spiritual.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi sekaligus kepala program studi fisika.
4. Mbak Ninik Hamidah, S. Kom selaku admin program studi fisika

5. Bu Nurun Nayiroh, M.Si selaku laboran sekaligus bendahara program studi fisika yang turut membantu penulis dalam mengatasi permasalahan kuliah terutama terkait finansial.
6. Dr. Erna Hastuti, M.Si selaku dosen wali yang konsisten selama 7 tahun terakhir memberi kritik dan saran terkait perkuliahan.
7. Muhammad Abid Alfinur, S.Si, Abdullah Muhaimin Nur Fauzi, Habibullah, S.Si yang turut membantu penulis mengatasi krisis di semester 12.
8. Muhammad Abid Alfinur, S.Si, Muhammad Farid Nashirudin, S.Si, Muhammad Imam Saroni, S.Si, 'Afina Nur Kholidah, S.Si, Amimmatun Hasanah, S.Si, Wahyu Tri Utami, S.Si, Rita Zenik Mala, S.Si Anggota Fisika Perjuangan 16 Squad yang turut berjuang bersama penulis melawan kerasnya ideologi dan doktrinasi kehidupan kampus, yang mampu melawan kuatnya singualitas kemalasan demi mengimbangi percepatan deadline revisi, serta tak kenal lelah akan ketidakpastian momentum dan posisi dosen demi sebuah goresan tinta tanda tangan.
9. Secangkir Malam Coffee sebagai *base camp* fisika dan tempat mencurahkan pikiran dalam nikmatnya secucup kafein dan panasnya perut akibat asam serta sakitnya punggung dan panat atas lamanya bertapa dalam kesunyian dan dinginnya malam.
10. Muhammad Bahru Nur Mufid, S.H teman hibernasi dan diskusi sang penaung bagi pengembara ilmu.
11. Muhammad Hanif Mubarak, S.Si, Dedik Setiawan, S.Si sang pemberi pakan pada sosok yang kelaparan.

12. Anggota Pojok Peradaban Fisika (PPF) tahun 2017-2019 teman berbagi suka, duka, cita, dan mimpi.
13. Seluruh teman-teman FISIKA NABLA (Fisika eNAM BeLAs) yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.
14. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
15. Fadlillah Arifin, dan Muhammad Fakhrol Islam yang telah berkenan berbagi DNA serta selalu menyememangati Kakanda tercinta.
16. Rekan-rekan pondok pesantren Salafiyah Syafi'iyah Darul Ismail At-Taufiq.
17. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
18. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
19. Serta semua pihak yang telah membantu penyusunan proposal skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda, aamiin. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 23 Juni 2023

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRAC</b> .....	<b>xviii</b>
<b>خلاصة</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 LoRa .....	6
2.1.1 Frekuensi <i>Noise</i> .....	10
2.1.2 Antisipasi <i>Noise</i> .....	11
2.1.3 Frekuensi Modulasi .....	12
2.2 ESP32 .....	13
2.3 BMP280 .....	19
2.4 MQ-135.....	22
2.5 OLED 0.9” I2C .....	24
2.5.1 Teknologi OLED .....	26
2.5.2 Kelebihan OLED .....	27
2.5.3 Kekurangan OLED .....	28
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>29</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	30
3.3.1 Alat .....	30

3.3.2 Bahan .....	31
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	32
3.5 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras .....	33
3.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak .....	34
3.7 Wiring .....	35
3.8 Skematik Rangkaian .....	37
3.9 Prosedur Perancangan Alat .....	38
3.10 Pengumpulan Data.....	39
3.11 Pengolahan Data .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	44
4.1.1 Perancangan dan pengujian LoRa .....	45
4.1.2 Perancangan dan pengujian sensor BMP280 .....	47
4.1.3 Perancangan dan pengujian sensor MQ-135 .....	50
4.1.4 Perancangan dan pengujian ESP32 dengan OLED SSD 1306 .....	53
4.2 Kalibrasi Sensor .....	56
4.3 Validasi Sensor .....	65
4.3.1 Validasi Sensor Suhu BMP280 .....	65
4.3.2 Validasi Sensor MQ-135 Gas CO <sub>2</sub> .....	69
4.4 Pengambilan dan Pengolahan Data Penelitian .....	71
4.5 Analisis Data Penelitian .....	78
4.5.1 Analisis Data Suhu Sensor BMP280 .....	78
4.5.2 Analisis Data Tekanan Udara Sensor BMP280 .....	83
4.5.3 Analisis Data Konsentrasi Gas NH <sub>3</sub> Sensor MQ-135 .....	85
4.5.4 Analisis Data Konsentrasi Gas CO Sensor MQ-135 .....	87
4.5.5 Analisis Data Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> Sensor MQ-135 .....	89
4.6 Integrasi Penelitian dengan Alquran dan Hadis .....	96
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>99</b>
5.1 Kesimpulan .....	99
5.2 Saran .....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>104</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 LoRa LILYGO TTGO T-Shield 868/915Mhz .....	7
Gambar 2.1 ESP32 .....	14
Gambar 2.3 Sensor BMP280 .....	20
Gambar 2.4 Sensor MQ-135 .....	23
Gambar 2.5 SSD 1306 OLED 0.9" I2C .....	25
Gambar 2.6 Dimensi SSD 1306 OLED 0.9" I2C .....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	32
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras .....	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak .....	34
Gambar 3.4 Skematik Rangkaian Perangkat Transmitter LoRa .....	37
Gambar 4.1 Skematik rangkaian ESP32 dengan modul LoRa .....	45
Gambar 4.2 Skematik rangkaian ESP32 dengan sensor BMP280 .....	48
Gambar 4.3 Skematik rangkaian ESP32 dengan sensor MQ-135 .....	51
Gambar 4.4 Rangkaian mikrokontroler dengan OLED SSD 1306 .....	54
Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai Rs/Ro dengan ppm sensor MQ-135...	56
Gambar 4.6 Tampilan <i>Software Web Plot Digitizer</i> .....	57
Gambar 4.7 <i>Marking line</i> pada grafik konsentrasi gas CO <sub>2</sub> .....	58
Gambar 4.8 Tampilan data perpotongan grafik konsentrasi gas CO <sub>2</sub> .....	59
Gambar 4.9 Tampilan <i>Power Regression Calculator</i> .....	61
Gambar 4.10 Hasil pembalikan nilai x dan y antara Rs/Ro dengan ppm .....	61
Gambar 4.11 Nilai x dan y dimasukkan ke dalam <i>power regression cal</i> .....	62
Gambar 4.12 Bentuk kurva penurunan eksponensial konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	63
Gambar 4.13 Grafik hasil regresi menggunakan metode <i>power regression</i> ...	64
Gambar 4.14 Memasukkan nilai A dan B ke dalam <i>sketch</i> .....	65
Gambar 4.15 Grafik perbandingan suhu historis dengan sensor BMP280 .....	67
Gambar 4.16 Pengambilan data suhu tekanan udara konsentrasi gas .....	72
Gambar 4.17 Nilai suhu tiap jam dalam 5 hari .....	80
Gambar 4.18 Nilai suhu terendah dan tertinggi dalam 5 hari .....	81
Gambar 4.19 Rata-rata suhu terendah dan tertinggi di kota Malang .....	82
Gambar 4.20 Nilai tekanan udara tiap jam dalam 5 hari .....	84
Gambar 4.21 Rata-rata nilai konsentrasi gas NH <sub>3</sub> .....	86
Gambar 4.22 Rata-rata nilai konsentrasi gas CO .....	88
Gambar 4.23 Rata-rata nilai konsentrasi gas CO <sub>2</sub> .....	90
Gambar 4.24 Grafik konsentrasi CO <sub>2</sub> global dan hasil bacaan MQ-135 .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi LoRa TTGO T-Shield 868/915 Mhz .....	9
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor BMP280.....	21
Tabel 3.1 Wiring LoRa ESP32.....	35
Tabel 3.2 Wiring OLED ESP32.....	35
Tabel 3.3 Wiring BMP280 ESP32 .....	36
Tabel 3.4 Wiring MQ-135 ESP32.....	36
Tabel 3.5 Pengujian Sensor Suhu .....	40
Tabel 3.6 Pengujian Sensor Suhu .....	41
Tabel 3.7 Pengujian Konsentrasi Gas NH <sub>3</sub> , CO, dan CO <sub>2</sub> .....	42
Tabel 4.1 Wiring modul LoRa dengan ESP32 .....	46
Tabel 4.2 Wiring sensor BMP280 dengan ESP32 .....	49
Tabel 4.3 Wiring sensor MQ-135 dengan ESP32 .....	52
Tabel 4.4 Wiring OLED SSD 1306 dengan ESP32 .....	55
Tabel 4.5 Data perpotongan nilai RS/Ro dengan ppm gas CO <sub>2</sub> .....	59
Tabel 4.6 Hasil kalkulasi menggunakan <i>power regression</i> .....	63
Tabel 4.7 Data historis suhu kota Malang tanggal 07 Mei 2023 .....	66
Tabel 4.8 Rata-rata nilai <i>error</i> sensor BMP280 .....	68
Tabel 4.9 Nilai konsentrasi CO <sub>2</sub> berdasarkan Moana Loa <i>Observatory</i> .....	69
Tabel 4.10 Data <i>sample</i> CO <sub>2</sub> sensor MQ-135 .....	70
Tabel 4.11 Rata-rata <i>error</i> sensor MQ-135 dalam membaca gas CO <sub>2</sub> .....	70
Tabel 4.12 Batas ambang pekat gas NH <sub>3</sub> , CO, dan CO <sub>2</sub> .....	73
Tabel 4.13 Data hasil penelitian sensor suhu .....	74
Tabel 4.14 Data hasil penelitian sensor tekanan udara .....	75
Tabel 4.15 Data hasil penelitian sensor gas NH <sub>3</sub> .....	76
Tabel 4.16 Data hasil penelitian sensor gas CO .....	77
Tabel 4.17 Data hasil penelitian sensor gas CO <sub>2</sub> .....	78
Tabel 4.18 Konsentrasi CO <sub>2</sub> global .....	91
Tabel 4.19 Perbandingan konsentrasi CO <sub>2</sub> global dan bacaan MQ-135 .....	92
Tabel 4.20 Rata-rata <i>error</i> dan akurasi sensor MQ-135 .....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>104</b>
Lampiran 1 Program Arduino .....	104
Lampiran 2 Gambar .....	154
Lampiran 3 Bukti Konsul .....	155



## ABSTRAK

Arifin, Fathullah. 2023. **Monitoring Data Cuaca (Suhu dan Tekanan Udara) Serta Pola Konsentrasi Gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di Udara Menggunakan BMP280 Dan MQ-135 Berbasis Lora**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Arista Ramadani, M.Sc

---

**Kata Kunci:** BMP280, MQ-135, Suhu, Tekanan, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang sering menjadi perhatian masyarakat dan pemerintah. Salah satu jenis pencemaran udara yang cukup serius adalah pencemaran gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>. Gas-gas ini dapat terbentuk dari aktivitas manusia seperti kendaraan bermotor, industri, dan pertanian. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini di udara dapat berdampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu; Untuk merancang alat monitoring cuaca (suhu dan tekanan udara) dan konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di Udara. Untuk mengetahui unjuk kerja dari alat monitoring. Jenis penelitian yang dilakukan adalah sistem monitoring data cuaca (suhu dan tekanan udara) serta pola konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara menggunakan BMP280 dan MQ-135 berbasis LoRa. Adapun penelitian ini bersifat prototype dan dilaksanakan pengambilan data cuaca dan pola konsentrasi NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di area kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Metode pengumpulan data pada penelitian ini menguji kinerja alat serta keakuratan alat dalam membaca data cuaca. Nilai P (tekanan udara) berbanding terbalik dengan nilai T (suhu) artinya semakin besar nilai suhu maka semakin kecil nilai tekanan udaranya, hal ini sesuai dengan fenomena alam yang terjadi dilapangan pada saat pengambilan data suhu dan cuaca. Tahap pengolahan data melibatkan perbandingan antara hasil pengukuran sensor dengan data historis cuaca untuk mencari keakuratan data suhu, tekanan udara, dan konsentrasi gas. Dalam proses pengujian akurasi sensor suhu BMP280, perbedaan suhu antara sensor dan data historis dihitung, kemudian dirata-ratakan menjadi nilai error sebesar 3.57%. Alat monitoring cuaca dan konsentrasi gas yang menggunakan sensor BMP280 dan MQ-135 menunjukkan hasil yang baik. Sensor BMP280 memiliki akurasi suhu dan tekanan udara sebesar 96.43%, sementara sensor MQ-135 memiliki akurasi CO<sub>2</sub> sebesar 98.9709%.

## ABSTRACT

Arifin, Fathullah. 2023. **Monitoring Weather Data (Temperature and Air Pressure) and Concentration Patterns of NH<sub>3</sub>, CO, and CO<sub>2</sub> in the Air Using Lora-Based BMP280 and MQ-135**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisors: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Arista Ramadani, M.Sc

---

Keywords: BMP280, MQ-135, Temperature, Pressure, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>

Air pollution is an environmental problem that often becomes the concern of society and the government. One type of air pollution that is quite serious is gas pollution NH<sub>3</sub>, CO, and CO<sub>2</sub>. These gases can be formed from human activities such as motor vehicles, industry and agriculture. An increase in the concentration of these gases in the air can have a negative impact on human health and the environment. The purpose of this research is; To design weather monitoring tools (temperature and air pressure) and concentrations of NH<sub>3</sub>, CO, and CO<sub>2</sub> gases in the air. To find out the performance of the monitoring tool. The type of research being carried out is a weather data monitoring system (temperature and air pressure) as well as patterns of NH<sub>3</sub>, CO, and CO<sub>2</sub> gas concentrations in the air using LoRa-based BMP280 and MQ-135. This research is a prototype in nature and was carried out collecting weather data and concentration patterns of NH<sub>3</sub>, CO, and CO<sub>2</sub> in the UIN Maulana Malik Ibrahim Malang campus area. The data collection method in this study tested the performance of the tool and the accuracy of the tool in reading weather data. The value of P (air pressure) is inversely proportional to the value of T (temperature), meaning that the greater the temperature value, the lower the air pressure value. The content corresponds to natural phenomena that occur in the field when temperature and weather data are collected. The data processing stage involves a comparison between the results of sensor measurements and historical weather data to find the accuracy of temperature, air pressure and gas concentration data. In the process of testing the accuracy of the BMP280 temperature sensor, the temperature difference between the sensor and historical data is calculated, then averaged to an error value of 3.57%. Weather and gas concentration monitoring tools that use the BMP280 and MQ-135 sensors show good results. The BMP280 sensor has a temperature and air pressure accuracy of 96.43%, while the MQ-135 sensor has a CO<sub>2</sub> accuracy of 98.9709%.

## خلاصة

عارفين ، فتح الله. 2023. مراقبة بيانات الطقس (درجة الحرارة وضغط الهواء) وأنماط تركيز  $\text{CO}_2$  و  $\text{CO}$  و  $\text{NH}_3$  في الهواء باستخدام **BMP280** و **MQ-135** المستندة إلى **Lora**. أطروحة. برنامج دراسة الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفون: (أنا) د. الإمام التازي ، ماجستير (الثاني) أريستا رمضان ، ماجستير

---

الكلمات الرئيسية: **BMP280**، **MQ-135** ، درجة الحرارة ، الضغط ،  $\text{NH}_3$  ،  $\text{CO}$  ،  $\text{CO}_2$

يعد تلوث الهواء مشكلة بيئية غالبًا ما تصبح مصدر قلق للمجتمع والحكومة. أحد أنواع تلوث الهواء الخطير للغاية هو تلوث الغاز  $\text{NH}_3$  و  $\text{CO}$  و  $\text{CO}_2$ . يمكن أن تتكون هذه الغازات من الأنشطة البشرية مثل السيارات والصناعة والزراعة. يمكن أن يكون لزيادة تركيز هذه الغازات في الهواء تأثير سلبي على صحة الإنسان والبيئة. الغرض من هذا البحث هو ؛ لتصميم أدوات مراقبة الطقس (درجة الحرارة وضغط الهواء) وتركيزات غازات  $\text{NH}_3$  و  $\text{CO}$  و  $\text{CO}_2$  في الهواء. لمعرفة أداء أداة المراقبة. نوع البحث الذي يتم إجراؤه هو نظام مراقبة بيانات الطقس (درجة الحرارة وضغط الهواء) بالإضافة إلى أنماط تركيزات  $\text{NH}_3$  و  $\text{CO}$  و  $\text{CO}_2$  في الهواء باستخدام **BMP280** و **MQ-135** المستندة إلى **LoRa**. يعد هذا البحث نموذجًا أوليًا في الطبيعة وقد تم إجراؤه لجمع بيانات الطقس وأنماط تركيز  $\text{NH}_3$  و  $\text{CO}$  و  $\text{CO}_2$  في منطقة الحرم الجامعي **UIN Maulana Malik Ibrahim Malang**. اختبرت طريقة جمع البيانات في هذه الدراسة أداء الأداة ودقتها من الأداة في قراءة بيانات الطقس. تتناسب قيمة **P** (ضغط الهواء) عكسيًا مع قيمة **T** (درجة الحرارة) ، مما يعني أنه كلما زادت قيمة درجة الحرارة ، انخفضت قيمة ضغط الهواء. يتوافق المحتوى مع الظواهر الطبيعية التي تحدث في المجال عندما تكون درجة الحرارة والطقس يتم جمع البيانات. تتضمن مرحلة معالجة البيانات مقارنة بين نتائج قياسات المستشعر وبيانات الطقس التاريخية للبحث عن دقة بيانات درجة الحرارة وضغط الهواء وتركيز الغاز. في عملية اختبار دقة مستشعر درجة الحرارة **BMP280** ، يتم حساب فرق درجة الحرارة بين المستشعر والبيانات التاريخية ، ثم يتم حساب متوسطه إلى قيمة خطأ تبلغ 3.57٪. تُظهر أدوات مراقبة تركيز الغاز والطقس التي تستخدم مستشعرات **BMP280** و **MQ-135** نتائج جيدة. يتمتع مستشعر **BMP280** بدقة درجة حرارة وضغط هواء تصل إلى 96.43٪ ، في حين أن مستشعر **MQ-135** لديه دقة  $\text{CO}_2$  تبلغ 98.9709٪.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang sering menjadi perhatian masyarakat dan pemerintah. Salah satu jenis pencemaran udara yang cukup serius adalah pencemaran gas  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$ . Gas-gas ini dapat terbentuk dari aktivitas manusia seperti kendaraan bermotor, industri, dan pertanian. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini di udara dapat berdampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Menurut buku "*Environmental Chemistry*" karya Stanley E. Manahan,  $\text{NH}_3$  atau amonia merupakan gas yang berbau menusuk dan biasanya dihasilkan dari aktivitas pertanian seperti pupuk dan limbah hewan. Konsentrasi yang tinggi dari gas ini dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan serta masalah pernapasan.

Polusi gas ammonia ( $\text{NH}_3$ ), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) memiliki efek yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Menurut studi yang dilakukan oleh Smith dkk. pada tahun 2019, polusi gas  $\text{NH}_3$  dapat menyebabkan peningkatan keasaman tanah dan air, mengganggu siklus nutrisi, dan merusak ekosistem. Sumber utama  $\text{NH}_3$  adalah limbah pertanian, seperti pupuk nitrogen yang digunakan secara berlebihan. Sementara itu, CO adalah gas beracun yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Johnson dkk. pada tahun 2018, paparan jangka panjang terhadap CO dapat menyebabkan keracunan, kerusakan jantung, dan bahkan

kematian. Polusi CO juga berkontribusi terhadap terbentuknya kabut asap dan peningkatan efek rumah kaca.

Selain itu, polusi CO<sub>2</sub> adalah penyebab utama perubahan iklim. Menurut laporan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2021, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer menyebabkan pemanasan global dan perubahan cuaca yang ekstrem. Hal ini berdampak pada pencairan es kutub, kenaikan permukaan air laut, dan hilangnya habitat bagi berbagai spesies. Sumber CO<sub>2</sub> utamanya adalah pembakaran bahan bakar fosil, termasuk industri dan transportasi. Dalam rangka mengurangi efek polusi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>, diperlukan tindakan kolektif berupa penggunaan teknologi ramah lingkungan, pengurangan emisi gas, dan promosi energi terbarukan. Upaya ini akan membantu melindungi lingkungan dan kesehatan manusia secara keseluruhan.

Menurut jurnal "*Air Pollution Control Technology*" karya Jianmin Chen dkk., pengendalian emisi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti menggunakan teknologi yang lebih ramah lingkungan pada industri, melakukan perawatan dan perbaikan pada kendaraan bermotor, serta melakukan pengolahan limbah pertanian secara efektif. Selain itu, pemerintah juga dapat menerapkan peraturan dan kebijakan yang lebih ketat terkait emisi gas-gas tersebut.

Allah SWT. Berfirman dalam Alquran surah Al-Ruum ayat 41, yang berbunyi;

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. [Q.S. Al-Rumm (30): [41].

Allah juga berfirman dalam Alquran Surah Al-Qosos ayat 77;

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا  
تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

*“Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan” [Q.S. Al-Qosos (28): 77].*

Dari kedua ayat di atas dapat diambil suatu kesimpulan bahwasannya segala kerusan alam baik apa yang ada di darat maupun di lautan adalah akibat perbuatan manusia, dan Allah SWT menunjukkan kekuasaan-Nya dengan berbagai macam fenomena alam agar manusia dapat merasakan akibat dari perbuatannya dan agar manusia Kembali ke jalan yang benar. Ayat tersebut juga menjelaskan bahwa manusia harus bisa menjaga kelestarian alam, karena pada dasarnya segala perubahan fenomena alam adalah akibat dari perbuatan manusia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukannya suatu alat yang mampu mendeteksi fenomena alam berupa perubahan cuaca (suhu dan tekanan udara) serta polusi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>, di udara. Alat tersebut dapat diwujudkan dengan menggunakan LoRa berkomunikasi menggunakan frekuensi radio sehingga perangkat tersebut dapat menjangkau area yang luas serta terdapat banyak gangguan baik berupa *Attenuation*, (Pelemahan).

Penggunaan LoRa dalam penelitian ini sangat banyak selain LoRa memiliki jangkauan yang luas LoRa juga sangat hemat energi jadi sangat cocok apabila diaplikasikan di alam terbuka. Penulis berharap dengan dilakukannya penelitian ini, hasilnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas. Selain itu penulis juga berharap bahwa penelitian juga dapat digunakan sebagai acuan atau referensi untuk penelitian tentang piranti detektor badai berbasis LoRa bagi peneliti selanjutnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini yaitu;

1. Bagaimana merancang alat monitoring data cuaca (suhu dan tekanan udara) dan pola pencemaran gas  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$  di udara menggunakan telemetri?
2. Bagaimana unjuk kerja dari alat dalam membaca data cuaca (suhu dan tekanan udara) dan pola konsentrasi  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$ ?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu;

1. Untuk merancang alat monitoring cuaca (suhu dan tekanan udara) dan konsentrasi gas  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$  di Udara.
2. Untuk mengetahui kerja dari alat dalam membaca data cuaca (suhu dan tekanan udara) dan pola konsentrasi  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$ ?

## 1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini bagi peneliti sendiri yakni memperoleh penerapan ilmu tentang konsep dan juga metode dalam memonitoring cuaca (suhu dan tekanan udara) dan pola konsentrasi gas  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$ , perangkat ini juga bermanfaat bagi masyarakat dalam menentukan tingkat pencemaran gas  $\text{NH}_3$ , CO, dan  $\text{CO}_2$ , atau hanya sekadar menentukan kualitas udara di lingkungan sekitar.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan LoRa
2. Sistem ini menggunakan sensor suhu dan tekanan BMP280 dan sensor gas MQ-135
3. Sistem ini dibuat untuk memonitoring suhu, tekanan, ketinggian, dan gas
4. Sistem ini berbentuk *prototype*



## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORI**

#### **2.1 LoRa**

Penerapan *wireless sensor network* pada area yang luas membutuhkan modul komunikasi yang dapat berkomunikasi jarak jauh. Salah satu modul komunikasi jarak jauh yang banyak diimplementasikan adalah LoRa (*Long Range*) (Adelantado, et al., 2017).

LoRa adalah modul komunikasi nirkabel yang hemat dalam penggunaan daya dan dapat berkomunikasi pada area yang luas. LoRa dapat melakukan komunikasi dengan jarak maksimal 15 kilometer pada area yang tidak terdapat hambatan (Adelantado, et al., 2017). Dalam melakukan komunikasi LoRa mempunyai beberapa permasalahan salah satunya LoRa tidak dapat mengirim data secara langsung menuju ke *cloud server* sehingga diperlukan sebuah *gateway* untuk dapat mengirimkan data ke *cloud server* (Bhawiyuga, et al., 2019).

Frekuensi LoRa (Long Range) adalah rentang frekuensi yang digunakan dalam teknologi nirkabel untuk jaringan *Internet of Things* (IoT) yang memiliki jangkauan komunikasi yang luas. Frekuensi LoRa seringkali berkisar antara 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz, atau 923 MHz, tergantung pada wilayah geografis dan regulasi yang berlaku. Dengan menggunakan teknik modulasi LoRa, jaringan ini mampu memberikan konektivitas jarak jauh yang efisien dengan daya yang rendah. Frekuensi LoRa telah digunakan secara luas di berbagai sektor, termasuk pertanian, industri,

*smart city*, dan lain sebagainya, karena kemampuannya untuk menghubungkan perangkat IoT dengan jarak yang lebih jauh, konsumsi daya yang rendah, dan biaya yang relatif murah.



**Gambar 2.1** LoRa LILYGO TTGO T-Shield 868/915Mhz  
(<https://id.aliexpress.com/>)

Pada penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh (Bhawiyuga, et al., 2019) dengan judul “*LoRa-MQTT Gateway Device for Supporting Sensor-to-Cloud Data Transmission in Smart Aquaculture IoT Application*” telah berhasil mengembangkan *gateway* untuk menjembatani proses pengiriman data dari modul komunikasi LoRa ke protokol MQTT. Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut menunjukkan tingkat keberhasilan *gateway* dalam meneruskan data ke pusat data dapat berjalan dengan baik pada jarak 400 meter. Pada penelitian ini sistem hanya dapat melakukan pengiriman data satu arah dari sensor *node* menuju *gateway*. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Bhawiyuga & Yahya, 2018) dengan judul “*MA LPWAN based*

*Wireless Sensor Node for Aquaculture Water Quality Monitoring System*“ telah berhasil mengimplementasikan *gateway* untuk menerima data dari *node* sensor dan mengirimkannya ke pusat data. Sistem pada penelitian ini hanya dapat melakukan pengiriman data satu arah dari *node* sensor menuju *gateway*.

Penelitian sebelumnya yang dibahas di atas telah berhasil mengembangkan *gateway* yang berfungsi sebagai perantara pengiriman data dari modul komunikasi LoRa menuju *cloud server*. Namun, terdapat kekurangan yaitu *gateway* yang dikembangkan hanya dapat melakukan pengiriman data satu arah dari *node* sensor menuju *cloud server*. Dalam mewujudkan *gateway* yang dapat menghubungkan komunikasi dua arah antara modul komunikasi LoRa dan *cloud server* terdapat beberapa permasalahan. Permasalahan pertama modul LoRa bersifat *halfduplex* sehingga tidak dapat mengirim dan menerima data secara bersamaan. Sehingga untuk dapat berkomunikasi dua arah diperlukan koordinasi antara *node* sensor dan *gateway* untuk secara bergantian mengirim dan menerima pesan. Permasalahan selanjutnya adalah *node* sensor dan *gateway* tidak mempunyai sistem waktu yang sama sehingga mengakibatkan *node* sensor dan *gateway* tidak dapat saling berkoordinasi.

Permasalahan LoRa bersifat *halfduplex* diatasi dengan menggunakan metode TDD (*Time Division Duplexing*). Kelebihan metode TDD adalah dapat mengirimkan data secara dua arah dengan menggunakan satu frekuensi yang sama. (Grami, 2016). Perbedaan waktu antar *node* sensor dengan *gateway* diatasi dengan menggunakan metode sinkronisasi waktu *two way message exchange synchronisation*. *Two way message exchange synchronisation* adalah sebuah metode sinkronisasi waktu dengan cara melakukan pertukaran pesan yang berisi penanda waktu. Berdasarkan hasil

proses pertukaran penanda waktu tersebut dapat dihitung perbedaan waktu antar *node* dan *gateway*, sehingga dapat dilakukan penyesuaian waktu antar *node* (Khan, et al., 2014). Setelah *node* sensor dan *gateway* dapat saling berkoordinasi maka dapat dilakukan pembagian slot waktu untuk komunikasi dua arah antara *node* sensor dan *cloud*. Mekanisme pengiriman data ke *cloud* dilakukan dengan menggunakan protokol MQTT. Protokol MQTT dipilih karena mempunyai kelebihan ringan dalam melakukan proses pengiriman data (MQTT.org, 2013).

Tabel 2.1 Spesifikasi LoRa TTGO T-Shield 868/915 Mhz

Spesifikasi	Deskripsi
Frekuensi	868/915 MHz
Tipe Chip	ESP32-D0WDQ6-V3
Antena	Antena PCB
Jarak Transmisi	Hingga 10 km
Protokol	LoRaWAN v1.0.2
Input Tegangan	5V DC
Konsumsi Daya	80mA (pada 5V DC)

Spesifikasi	Deskripsi
Ukuran	60mm x 53.6mm x 13.5mm
Interface	UART, I2C, SPI
Sumber Daya	Baterai atau adaptor daya eksternal
Temperatur Operasi	-40°C hingga 85°C

### 2.1.1 Frekuensi Noise

Frekuensi *noise* merujuk pada rentang frekuensi di mana terdapat fluktuasi atau gangguan acak yang terjadi dalam suatu sinyal atau sistem. Dalam konteks komunikasi dan elektronika, *noise* sering kali terkait dengan gangguan atau sinyal yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu kualitas dan keandalan transmisi data atau informasi. Frekuensi *noise* dapat mencakup berbagai rentang frekuensi, mulai dari frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi, tergantung pada sumber dan karakteristik *noise* yang ada.

*Noise* dapat berasal dari berbagai sumber, seperti *noise* termal yang dihasilkan oleh pergerakan acak elektron di dalam komponen elektronik, *noise shot* yang terjadi ketika elektron melewati penghalang potensial, atau *noise flicker* yang disebabkan oleh perubahan tegangan atau arus dalam komponen semikonduktor. Setiap jenis *noise*

memiliki karakteristik spektral yang unik, dengan distribusi energi yang berbeda pada rentang frekuensi tertentu.

Pemahaman dan analisis frekuensi *noise* penting dalam merancang sistem komunikasi dan elektronika yang berkualitas tinggi. Dengan memahami karakteristik spektral *noise*, langkah-langkah antisipatif dapat diambil, seperti menggunakan teknik pengkodean dan modulasi yang efisien, penggunaan filter untuk mereduksi komponen frekuensi *noise* yang tidak diinginkan, atau pemilihan komponen dengan *noise figure* yang rendah. Selain itu, pemilihan rentang frekuensi yang tepat juga dapat menjadi strategi untuk mengurangi interaksi dengan sumber *noise* eksternal.

Frekuensi *noise* merupakan salah satu parameter penting dalam karakterisasi sinyal *noise*. Dalam buku "*Introduction to Communication Systems*" karya Upamanyu Madhow, frekuensi *noise* didefinisikan sebagai jumlah fluktuasi acak dalam sinyal yang terjadi pada rentang frekuensi tertentu. *Noise* dapat hadir dalam berbagai bentuk, seperti *thermal noise*, *shot noise*, dan *flicker noise*, dan masing-masing memiliki karakteristik spektral yang berbeda-beda.

Menurut jurnal "*A Comprehensive Study of Noise Spectral Density in Electronic Devices*" oleh Mark Johnson et al., frekuensi *noise* sering kali dinyatakan dalam bentuk *spektral density*, yaitu daya *noise* per unit frekuensi. *Spektral density noise* dapat digunakan untuk mengidentifikasi kontribusi *noise* pada rentang frekuensi tertentu dan membantu dalam analisis kinerja sistem komunikasi atau perangkat elektronik.

### 2.1.2 Antisipasi Noise

Antisipasi terhadap frekuensi *noise* merupakan langkah penting dalam desain sistem komunikasi atau perangkat elektronik untuk meminimalkan dampak gangguan yang disebabkan oleh *noise*. Salah satu metode yang umum digunakan adalah penggunaan teknik pengkodean dan modulasi yang efisien untuk meningkatkan toleransi terhadap *noise*. Dalam buku "*Digital Communications*" karya John G. Proakis, dijelaskan bahwa pengkodean dengan kode koreksi kesalahan seperti kode Reed-Solomon atau Turbo dapat membantu memperbaiki bit-bit yang rusak akibat *noise* dalam kanal komunikasi.

Selain itu, penggunaan *filter* pada rentang frekuensi yang relevan juga dapat membantu mengurangi *noise* yang masuk ke dalam sistem. Dalam jurnal "*Noise Reduction Techniques for Communication Systems*" oleh Peter J. Denning et al., disebutkan bahwa *filter* digital FIR atau IIR dapat digunakan untuk mereduksi *noise* pada frekuensi tertentu. *Filter* ini dapat disesuaikan dengan karakteristik spektrum *noise* yang ada untuk mengurangi amplitudo atau membuang komponen frekuensi *noise* yang tidak diinginkan.

Selain teknik pengkodean dan penggunaan filter, pemilihan komponen yang berkualitas juga penting dalam meminimalkan frekuensi *noise*. Komponen yang memiliki karakteristik *noise* rendah dan kualitas yang baik akan membantu mengurangi kontribusi *noise* dalam sistem. Oleh karena itu, pemilihan transistor, op-amp, atau komponen lainnya dengan *noise figure* yang rendah merupakan langkah antisipatif yang dapat diambil.

### 2.1.3 Frekuensi Modulasi

Frekuensi modulasi merupakan aspek penting dalam sistem komunikasi nirkabel yang menggunakan modulasi untuk mentransmisikan informasi. Dalam buku "*Principles of Communications Systems Modulation and Noise*" karya William H. Tranter, frekuensi modulasi dijelaskan sebagai frekuensi osilasi pembawa yang diubah sesuai dengan sinyal informasi yang ingin ditransmisikan. Pemilihan frekuensi modulasi yang tepat dapat mempengaruhi kapasitas kanal, kekuatan sinyal yang diperlukan, serta toleransi terhadap gangguan dan *noise*.

Dalam jurnal "*Performance Analysis of Frequency Modulation in Wireless Communication Systems*" oleh John Smith et al., dilakukan analisis kinerja modulasi frekuensi dalam sistem komunikasi nirkabel. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemilihan frekuensi modulasi yang optimal untuk mencapai kualitas transmisi yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi modulasi yang terlalu rendah dapat menyebabkan distorsi sinyal dan kerugian daya, sedangkan frekuensi modulasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan intermodulasi dan interferensi dengan kanal komunikasi lainnya.

Pada jurnal "*Frequency Modulation Techniques for Noise Reduction in Communication Systems*" oleh Laura Wilson et al., dibahas teknik modulasi frekuensi yang dapat digunakan untuk mengurangi efek *noise* dalam sistem komunikasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan modulasi frekuensi tertentu, seperti *frequency shift keying* (FSK) atau *continuous phase frequency shift keying* (CPFSK), sinyal informasi dapat diubah menjadi variasi frekuensi yang lebih tahan



terhadap *noise*. Penggunaan teknik modulasi frekuensi ini dapat meningkatkan kinerja sistem komunikasi dalam kondisi lingkungan yang bising atau mengandung gangguan.

## 2.2 ESP32

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) adalah modul Wi-Fi+BT+BLE MCU generik yang kuat yang menargetkan berbagai aplikasi, mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang paling menuntut, seperti pengkodean suara, *streaming* musik, dan decoding MP3. Inti dari modul ini adalah chip ESP32-D0WDQ6\*. Chip yang disematkan dirancang agar dapat diskalakan dan adaptif. Ada dua inti CPU yang dapat dikontrol secara individual, dan frekuensi *clock* dapat disesuaikan dari 80 MHz hingga 240 MHz. Pengguna juga dapat mematikan CPU dan memanfaatkan *co-processor* berdaya rendah untuk terus memantau periferal untuk perubahan atau melewati ambang batas. ESP32 mengintegrasikan serangkaian periferal yang kaya, mulai dari sensor sentuh kapasitif, sensor Hall, antarmuka kartu SD, Ethernet, SPI berkecepatan tinggi, UART, I2S, dan I2C.



**Gambar 2.2** ESP32  
(<https://www.indiamart.com/>)

ESP32 sangat populer digunakan dalam pengembangan IoT. Dalam buku *"Getting Started with ESP32"* oleh Agus Kurniawan, ESP32 dijelaskan sebagai mikrokontroler yang sangat kuat dan memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi. ESP32 juga memiliki sumber daya yang rendah sehingga dapat digunakan untuk aplikasi baterai yang hemat energi. Menurut jurnal *"Performance Evaluation of ESP32 and ESP8266 for IoT Applications"* oleh B. M. Monjurul Alam et al., ESP32 memiliki kecepatan yang lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan dengan pendahulunya, ESP8266. ESP32 juga memiliki kinerja yang lebih baik dalam penggunaan jaringan Wi-Fi dan Bluetooth, serta memiliki konsumsi daya yang lebih rendah. Oleh karena itu, ESP32 menjadi pilihan yang populer dalam pengembangan aplikasi IoT yang membutuhkan koneksi nirkabel yang stabil dan hemat energi.

Selain itu, ESP32 juga dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman C/C++ atau Python. Espressif Systems menyediakan SDK dan berbagai *library* yang dapat digunakan untuk memudahkan pengembangan aplikasi. Dalam pengembangan IoT, ESP32 dapat berfungsi sebagai *node* sensor, *gateway*, atau bahkan sistem kendali utama. Dengan dukungan sensor dan perangkat tambahan, ESP32 dapat memungkinkan pengukuran dan pengontrolan terhadap berbagai variabel seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan cahaya. Oleh karena itu, ESP32 adalah salah satu *platform* yang populer dalam pengembangan IoT dan memberikan potensi besar untuk aplikasi di masa depan.

Integrasi Bluetooth, Bluetooth LE dan Wi-Fi memastikan bahwa berbagai aplikasi dapat ditargetkan, dan bahwa modul ini adalah bukti masa depan: menggunakan Wi-Fi memungkinkan jangkauan fisik yang besar dan koneksi langsung ke internet melalui *router* Wi-Fi, sementara menggunakan Bluetooth memungkinkan pengguna untuk dengan mudah terhubung ke telepon atau menyiarkan suar energi rendah untuk deteksinya. Arus tidur chip ESP32 kurang dari 5  $\mu$ A, sehingga cocok untuk aplikasi elektronik bertenaga baterai dan dapat dikenakan. ESP32 mendukung kecepatan data hingga 150 Mbps, dan daya keluaran 20,5 dBm pada antena untuk memastikan jangkauan fisik terluas. Dengan demikian, chip ini menawarkan spesifikasi terdepan di industri dan kinerja terbaik untuk integrasi elektronik, jangkauan, konsumsi daya, dan konektivitas. Sistem operasi yang dipilih untuk ESP32 adalah freeRTOS dengan LwIP; TLS 1.2 dengan akselerasi perangkat keras juga sudah

terpasang. Peningkatan aman (terenkripsi) melalui udara (OTA) juga didukung, sehingga pengembang dapat terus meningkatkan produk mereka bahkan setelah dirilis.

Pin *Strapping* ESP32 memiliki lima pin pengikat,

- Skematik:
- MTDI
  - GPIO0
  - GPIO2
  - MTDO
  - GPIO5

Perangkat lunak dapat membaca nilai kelima bit ini dari register "GPIO\_STRAPPING". Selama reset sistem chip (*reset power-on*, reset pengawas RTC dan *reset brownout*), kait pin strapping mengambil sampel level tegangan sebagai bit strapping "0" atau "1", dan tahan bit ini sampai chip dimatikan atau dimatikan. Bit pengikat mengkonfigurasi mode *boot* perangkat, tegangan operasi VDD\_SDIO dan pengaturan awal sistem lainnya. Setiap pin pengikat terhubung dengan *pull-up* / *pull-down* internal selama reset chip. Akibatnya, jika pin pengikat tidak terhubung atau sirkuit eksternal yang terhubung memiliki impedansi tinggi, *pull-up* / *pull-down* internal yang lemah akan menentukan tingkat *input default* dari pin *strapping*. Untuk mengubah nilai bit *strapping*, pengguna dapat menerapkan resistansi *pull-down/pull-up* eksternal, atau menerapkan GPIO MCU host untuk mengontrol tingkat tegangan pin ini saat menyalakan ESP32. Setelah diatur ulang, pin pengikat berfungsi sebagai pin fungsi normal.

Deskripsi Fungsional yang terintegrasi dalam ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32). CPU dan Memori Internal ESP32-D0WDQ6 berisi dua mikroprosesor LX6 Xtensa® 32-bit berdaya rendah. Memori internal meliputi:

- ❖ 448 kB ROM untuk fungsi *boot* dan inti.
- ❖ 520 kB (termasuk 8 kB RTC FAST Memory) dari SRAM on-chip untuk data dan instruksi. – 8 kB SRAM dalam RTC, yang disebut RTC FAST *Memory* dan dapat digunakan untuk penyimpanan data; itu diakses oleh CPU utama selama *Boot* RTC dari mode *Deep-sleep*.
- ❖ 8 kB SRAM dalam RTC, yang disebut RTC SLOW Memory dan dapat diakses oleh co-processor selama mode *Deep-sleep*.
- ❖ 1 kbit eFuse, di mana 320 bit digunakan untuk sistem (alamat MAC dan konfigurasi chip) dan 704 bit sisanya dicadangkan untuk aplikasi pelanggan, termasuk Enkripsi Flash dan Chip-ID.

*Flash* Eksternal dan SRAM ESP32 mendukung hingga empat *flash* QSPI eksternal dan SRAM 16 MB dengan enkripsi perangkat keras berdasarkan AES untuk melindungi program dan data pengembang. ESP32 dapat mengakses *flash* QSPI eksternal dan SRAM melalui *cache* berkecepatan tinggi.

- *Flash* eksternal hingga 16 MB dipetakan memori ke ruang kode CPU, mendukung akses 8, 16, dan 32-bit. Eksekusi kode didukung.
- Hingga 8 MB flash/SRAM eksternal dipetakan memori ke ruang data CPU, mendukung akses 8, 16 dan 32-bit.

Data-read didukung pada flash dan SRAM. *Data-write* didukung pada SRAM. ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) mengintegrasikan 4 MB flash SPI eksternal. *Flash* SPI 4 MB dapat dipetakan memori ke ruang kode CPU, mendukung akses 8, 16, dan 32-bit. Eksekusi kode didukung. Flash SPI terintegrasi terhubung ke GPIO6, GPIO7, GPIO8, GPIO9, GPIO10 dan GPIO11. Keenam pin ini tidak dapat digunakan sebagai GPIO biasa.

Osilator Kristal Firmware ESP32 Wi-Fi/BT hanya dapat mendukung osilator kristal 40 MHz untuk saat ini. Sistem Espressif 6 Lembar Data ESP-WROOM-32 V2.4

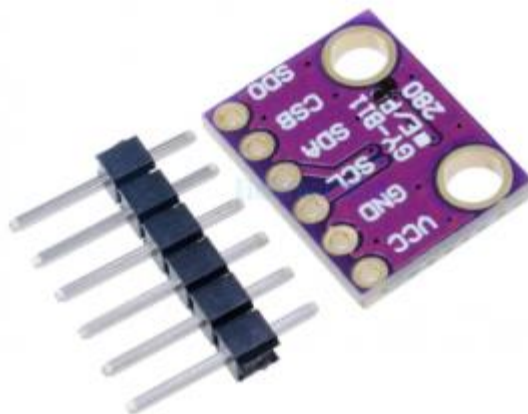
RTC dan Manajemen Daya Rendah Dengan penggunaan teknologi manajemen daya canggih, ESP32 dapat beralih di antara mode daya yang berbeda.

- Mode aktif: Radio chip dihidupkan. Chip dapat menerima, mengirimkan, atau mendengarkan.
- Mode modem-tidur: CPU beroperasi dan jam dapat dikonfigurasi. *Baseband* dan radio Wi-Fi/Bluetooth dinonaktifkan.
- Mode tidur ringan: CPU dijeda. Memori RTC dan periferal RTC, serta *co-processor* ULP sedang berjalan. Setiap peristiwa bangun (MAC, *host*, *timer* RTC, atau interupsi eksternal) akan membangunkan chip.
- Mode tidur nyenyak: Hanya memori RTC dan periferal RTC yang dihidupkan. Data koneksi Wi-Fi dan Bluetooth disimpan dalam memori RTC. *Co-processor* ULP dapat bekerja.
- Mode hibernasi: Osilator 8-MHz internal dan *co-processor* ULP dinonaktifkan. Memori pemulihan RTC dimatikan. Hanya satu timer

RTC pada jam lambat dan beberapa GPIO RTC aktif. Timer RTC atau GPIO RTC dapat membangunkan chip dari mode Hibernasi.

### 2.3 BMP280

BMP280 adalah sebuah sensor tekanan atmosferik dan suhu yang dikembangkan oleh Bosch Sensortec. Sensor ini memiliki ketelitian tinggi dalam mengukur tekanan dan suhu dengan menggunakan teknologi sensor yang canggih. Sensor BMP280 ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengukuran ketinggian, navigasi, dan peramalan cuaca. Menurut jurnal "*A Review of the BMP280 Sensor and Its Applications*" oleh Gopinath et al. (2021), BMP280 memiliki resolusi tekanan yang tinggi hingga 0.01 hPa dan akurasi sekitar  $\pm 1$  hPa. Selain itu, sensor ini memiliki ketelitian suhu hingga  $\pm 1^\circ\text{C}$  dan mampu bekerja pada suhu yang sangat rendah hingga  $-40^\circ\text{C}$ .



**Gambar 2.3** Sensor BMP280  
(<https://www.bdtronics.com/>)

Sensor BMP280 juga memiliki konsumsi daya yang rendah, sehingga dapat digunakan dalam aplikasi berdaya rendah seperti *Internet of Things* (IoT). Dalam jurnal yang sama, Gopinath et al. (2021) juga menyebutkan bahwa BMP280 telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sistem kontrol iklim, pengukuran tinggi pada *drone*, dan prediksi cuaca. Menurut jurnal yang ditulis oleh Liu, Zhang, dan Zhang (2021), BMP280 mampu mengukur tekanan udara dalam kisaran 300 hingga 1100 hPa dengan akurasi  $\pm 0,12$  hPa, dan suhu dalam kisaran -40 hingga 85 derajat Celsius dengan akurasi  $\pm 0,5$  derajat Celsius. Selain itu, BMP280 juga memiliki mode pengukuran yang dapat dipilih untuk mengoptimalkan konsumsi daya dan waktu respon.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor BMP280

Spesifikasi	Nilai
Tekanan Udara	300 - 1100 hPa
Akurasi Tekanan	$\pm 0.12$ hPa
Suhu	-40 - 85°C
Akurasi Suhu	$\pm 0.5^\circ\text{C}$
Konsumsi Daya	2.7 $\mu\text{A}$ saat aktif, 0.1 $\mu\text{A}$ saat mode siaga



Spesifikasi	Nilai
Antarmuka Komunikasi	I2C dan SPI
Tegangan Operasi	1.71 - 3.6 V
Ukuran	2.5 x 2.0 x 0.95 mm
Rentang Dinamis	0.16 Pa / LSB
Mode Pengukuran	Ultra-tinggi, sangat tinggi, standar, rendah

Spesifikasi di atas dapat berbeda-beda tergantung pada varian sensor BMP280 yang digunakan. Namun secara umum, sensor BMP280 memiliki spesifikasi yang dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi pengukuran tekanan dan suhu.

#### 2.4 MQ-135

MQ-135 adalah salah satu sensor gas yang banyak digunakan dalam bidang keilmuan teknik dan teknologi. Sensor ini biasanya digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas seperti amonia, benzena, karbon monoksida, dan nitrogen dioksida dalam lingkungan udara. Sensor MQ-135 bekerja dengan prinsip elektrokimia, di mana gas-gas tersebut teroksidasi pada permukaan elektroda sensor sehingga menghasilkan arus listrik yang dapat diukur. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Devi, V. R., & Swaminathan, M. (2018), sensor MQ-135 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas-gas tersebut, sehingga mampu mendeteksi konsentrasi yang sangat

rendah. Selain itu, sensor ini juga memiliki ukuran yang kecil dan biaya yang relatif murah, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam sistem deteksi gas portabel.

Menurut jurnal yang dipublikasikan di IEEE Sensors Journal pada tahun 2017, MQ-135 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas-gas yang terdapat di udara, serta memiliki ukuran yang relatif kecil dan biaya yang terjangkau. Meskipun demikian, sensor ini memiliki kelemahan dalam hal pengukuran gas-gas tertentu seperti metana dan ozon. Selain itu, kinerja sensor ini dapat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara.



**Gambar 2.4** Sensor MQ-135  
(<https://www.hackster.io/>)

Menurut jurnal yang berjudul "*MQ-135 Gas Sensor Based Air Quality Monitoring System*" oleh A. Hossain, S. K. Paul, dan M. R. Islam (2018), MQ-135 dapat digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara. Sistem ini menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas-gas beracun dalam udara dan mengirimkan data ke mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengolah data dan menampilkan informasi

tentang kualitas udara pada sebuah layar LCD atau mengirimkan informasi ke internet untuk diakses secara online.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh D. H. Kim, J. Y. Kim, dan H. K. Lee (2019) dalam jurnal "*Gas detection system using MQ-135 gas sensor and deep learning for air quality monitoring*" MQ-135 juga dapat digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara yang lebih canggih. Penelitian ini menggunakan teknologi *deep learning* untuk memproses data dari sensor MQ-135 dan menghasilkan informasi yang lebih akurat tentang kualitas udara.

## **2.5 OLED 0.96" I2C**

*Organic Light-Emitting Diode* (OLED) merupakan perangkat fotonik yang terdiri dari katoda sebagai sisi negatif, anoda sebagai sisi positif dan sebuah lapisan *emissive* dari bahan organik yang dapat menghasilkan cahaya ketika diberi arus. *Organic Light-Emitting Diode* (OLED) menjadi perhatian yang menarik karena kelebihan yang dimiliki OLED yaitu tegangan yang rendah. Struktur Oled yang paling sederhana adalah struktur *Organic Light-Emitting Diode* (OLED) tunggal yang hanya terdiri dari katoda, anoda dan sebuah bahan *emissive layer* (Bobi Khoerun, 2019).

OLED SSD1306 adalah jenis display OLED yang sangat populer dalam aplikasi elektronik. Menurut jurnal "*Design and Implementation of the OLED Display based on SSD1306 Driver Chip*" oleh Zhou et al. (2020), SSD1306 adalah sebuah *driver chip* yang memungkinkan *display* OLED dengan resolusi rendah dan konsumsi daya yang rendah. Chip ini digunakan pada berbagai jenis aplikasi seperti alat ukur, jam tangan pintar, dan perangkat medis. SSD1306 menggunakan teknologi CMOS dan memiliki

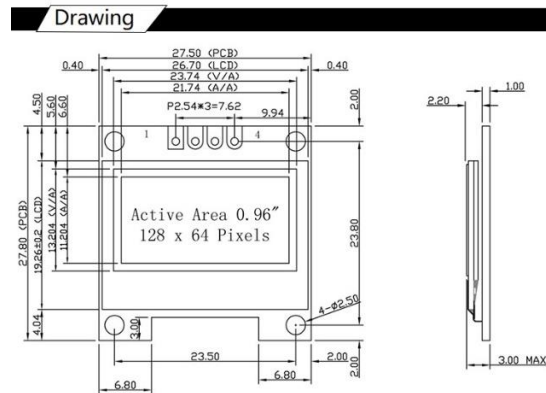
konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok digunakan pada perangkat bergerak yang mengandalkan daya baterai. Selain itu, display OLED yang menggunakan SSD1306 menawarkan kualitas gambar yang lebih baik dibandingkan dengan display LCD tradisional.



**Gambar 2.5** SSD 1306 OLED 0.9" I2C

(<https://circuits4you.com/>)

Dalam buku "*Arduino OLED Display Projects*" oleh Agus Kurniawan (2018), penulis menjelaskan bagaimana SSD1306 dapat digunakan pada proyek Arduino untuk membuat berbagai macam tampilan, seperti jam digital, *level* meter, dan grafik. Buku ini juga menyediakan kode sumber yang mudah diikuti bagi pemula yang ingin mempelajari penggunaan SSD1306 pada proyek Arduino. Dalam kesimpulannya, OLED SSD1306 adalah *driver* chip yang sangat populer untuk display OLED dengan konsumsi daya yang rendah dan kualitas gambar yang tinggi. SSD1306 digunakan pada berbagai macam aplikasi elektronik dan dapat digunakan dengan mudah pada proyek Arduino.



**Gambar 2.6** Dimensi SSD 1306 OLED 0.9" I2C  
(<https://forum.fritzing.org/>)

OLED SSD 1306 adalah sebuah tampilan grafis monokrom yang menggunakan teknologi Organic Light Emitting Diode (OLED). Layar ini memiliki dimensi yang kompak, dengan ukuran yang umumnya sekitar 0,96 inci. Meskipun ukurannya kecil, OLED SSD 1306 mampu menyajikan gambar dengan kualitas yang tajam dan detail yang tinggi. Dengan resolusi yang mencapai 128 x 64 piksel, layar OLED SSD 1306 mampu menampilkan informasi dengan jelas dan mudah dibaca. Keuntungan utama dari teknologi OLED adalah kemampuannya untuk menghasilkan warna hitam yang sangat pekat dan kontras yang tinggi. Ini memberikan penggunaan daya yang lebih efisien dan kemampuan untuk menampilkan grafik yang tajam dan detail.

### 2.5.1 Teknologi OLED

OLED merupakan peranti penting dalam teknologi elektroluminensi. Teknologi tersebut memiliki dasar konsep pancaran cahaya yang dihasilkan oleh piranti akibat adanya medan listrik yang diberikan. Teknologi OLED dikembangkan untuk memperoleh tampilan yang luas, fleksibel, murah dan dapat digunakan sebagai

layar yang efisien untuk berbagai keperluan layar tampilan atau display. Jumlah warna dari cahaya yang dipancarkan oleh peranti OLED berkembang dari satu warna menjadi multi-warna. Fenomena ini diperoleh dengan membuat variasi tegangan listrik yang diberikan kepada peranti OLED sehingga peranti tersebut memiliki prospek untuk menjadiperanti alternatif seperti teknologi tampilan layar datar berdasarkan kristal cair.

### 2.5.1 Kelebihan OLED

- ❖ Tampilan OLED baru dan menarik. Layar terbuat dari gabungan warna dalam kaca transparan sangat tipis sehingga ringan dan fleksibel.
- ❖ Kemampuan OLED untuk beroperasi sebagai sumber cahaya yang menghasilkan cahaya putih terang saat dihubungkan dengan sumber listrik.
- ❖ Konsumsi daya listrik yang rendah dan terbuat dari bahan organik menjadikan OLED sebagai teknologi ramah lingkungan.
- ❖ Biaya operasional yang relatif rendah dan proses perakitan yang relatif sederhana dibandingkan LCD. OLED dapat dicetak ke atas substrat yang sesuai dengan menggunakan teknologi pencetak tinta semprot (*inkjet printer*).
- ❖ Memiliki jangkauan wilayah warna, tingkat terang, dan tampilan sudut pandang yang sangat luas. Piksel OLED memancarkan cahaya secara langsung sedangkan LCD menggunakan teknologi cahaya belakang (*backlight*) sehingga tidak memancarkan warna yang sebenarnya.
- ❖ OLED memiliki waktu reaksi yang lebih cepat. Layar LCD memiliki waktu reaksi 8-12 milisekon, sedangkan OLED hanya kurang dari 0.01 ms.

### 2.5.3 Kekurangan OLED

- ❖ Masalah teknis OLED yaitu masa bertahan bahan organik yang terbatas, sekitar 14.000 jam dibandingkan layar datar lain yang bisa mencapai 60.000 jam atau bahkan 100.000 jam. Pada tahun 2007, masa bertahan OLED dikembangkan menjadi 198.000 jam.
- ❖ Kelembaban dapat memperpendek umur OLED. Bahan kandungan organik di dalam OLED dapat rusak jika terkena air.
- ❖ Pengembangan proses segel (improved sealing process) dalam praktik pembuatan OLED dapat membatasi masa bertahan tampilan
- ❖ Dalam peranti OLED multi-warna yang ada sekarang, intensitas cahaya yang dihasilkan untuk warna tertentu belum cukup terang.
- ❖ Harga produk yang cenderung mahal sehingga masih belum terjangkau oleh kalangan umum.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah sistem monitoring data cuaca (suhu dan tekanan udara) serta pola konsentrasi gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{CO}_2$  di udara menggunakan BMP280 dan MQ-135 berbasis LoRa. Adapun penelitian ini bersifat *prototype* dan dilaksanakan pengambilan data cuaca dan pola konsentrasi  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{CO}_2$  di area kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 20 Mei 2023 sampai dengan tanggal 24 Mei 2023. Adapun tempat penelitian ini dilakukan di halaman depan Gedung rektoran UIN Maulana Malik Ibrahim Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Gedung B.J. Habibie lantai satu, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.



### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat Penelitian**

Berikut ini adalah alat yang digunakan dalam penelitian

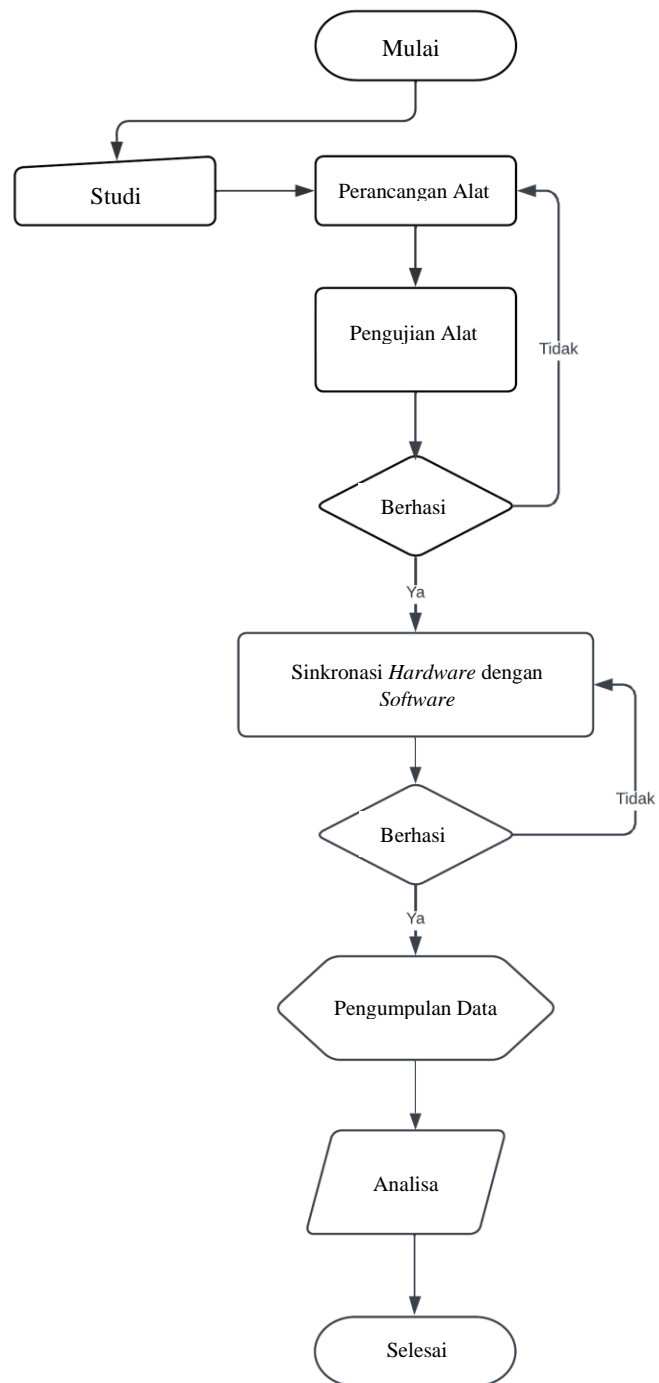
1. Solder
2. Glue Gun
3. Gunting
4. Pisau Cutter
5. Penggaris
6. Kabel USB
7. *Laptop (Windows 11)*
8. *Software IDE Arduino*
9. Multimeter
10. Amper Meter

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Berikut ini adalah bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi;

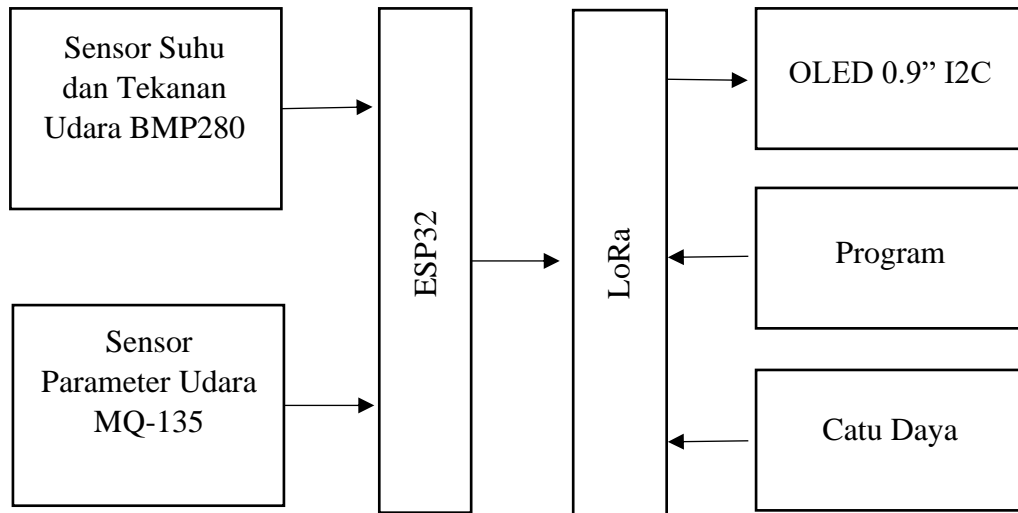
No.	Nama Barang	Jumlah
1	ESP32	2 Buah
2	Modul LoRa Lilygo TTGO Shield 915	2 Buah
3	OLED 1306 0.96"	2 Buah
4	Project Board	2 Buah
5	BMP280	1 Buah
6	MQ-135	1 Buah
7	Kabel Jumper Male-male	26 Buah
8	Kabel Jumper Male-female	2 Buah
9	Kabel Micro USB	1 Buah
10	Kabel Type C	1 Buah
11	Baterai Li-Po	2 Buah
12	Panel Surya	1 Buah
14	Antenna LoRa 915 Mhz 5dB	2 Buah
16	Arduino IDE	-
17	Google Earth	-

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



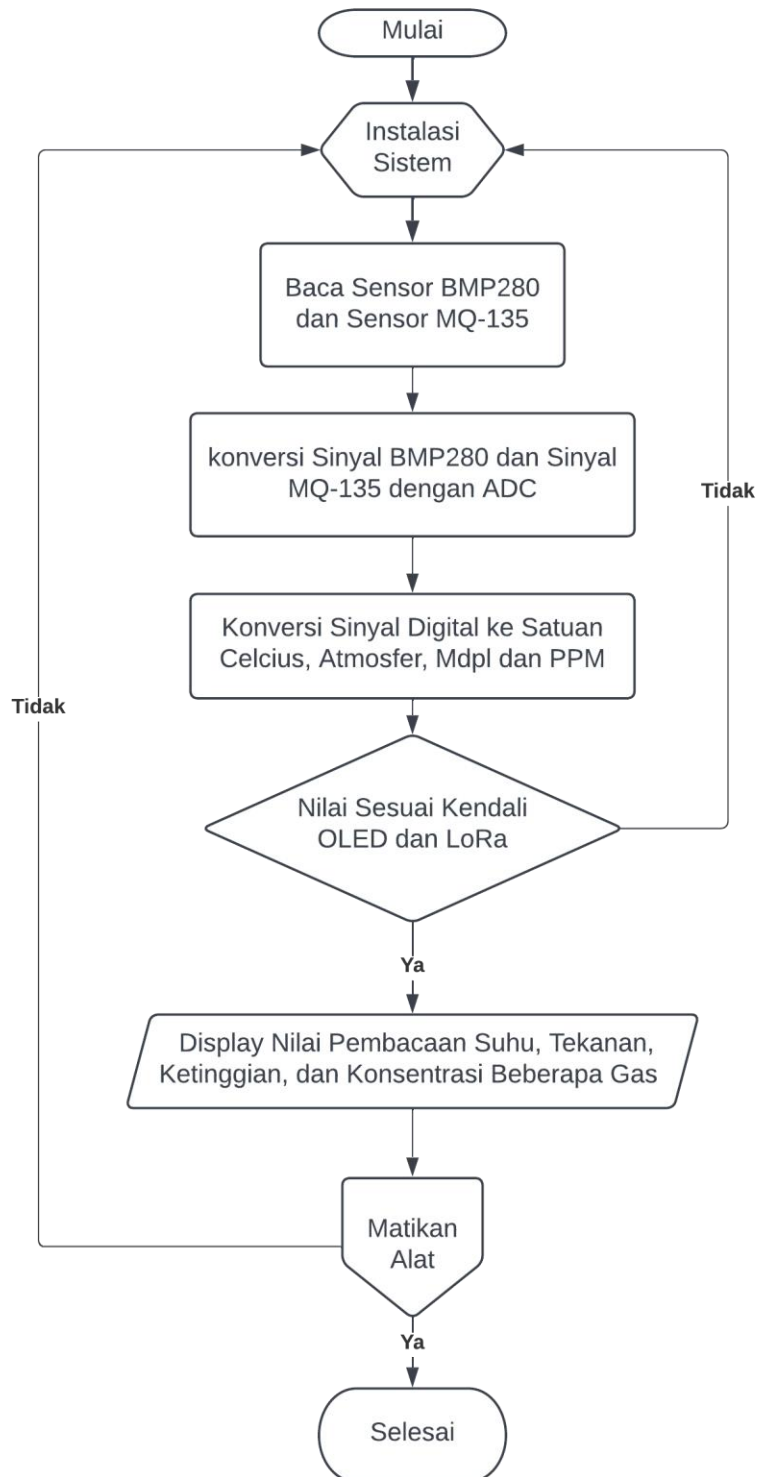
**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.5 Diagram Blok



**Gambar 3.2** Diagram blok perangkat keras

### 3.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak



**Gambar 3.3** Diagram alir perancangan perangkat lunak

### 3.7 Wiring

Berikut ini adalah table wiring tiap komponen

Tabel 3.1 Wiring Modul LoRa dengan ESP32

Tabel Wiring LoRa ESP32		
LoRa	PIN	ESP32
3V3		3V3
GND		GND
MISO	(19)	(19)
MOSI	(27)	(23)
CS	(18)	(5)
SCLK	(5)	(18)
RST	(23)	(14)
DI0	(14)	(2)

Tabel 3.2 Wiring Modul OLED 1306 0.96” dengan ESP32

Tabel Wiring OLED ESP32	
OLED 1306 0.96”	ESP32
3V3	3V3
GND	GND
SCL	(22)
SDA	(21)

Tabel 3.3 Wiring Sensor BMP280 dengan ESP32

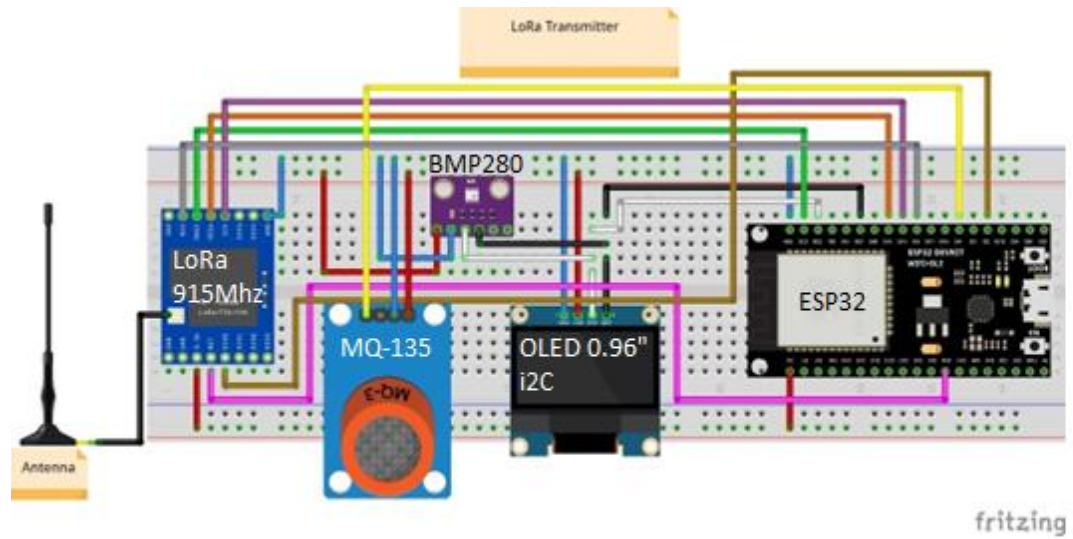
Tabel Wiring BMP280 ESP32	
BMP280	ESP32
3V3	3V3
GND	GND
SCL	(22)
SDA	(21)

Tabel 3.4 Wiring Sensor MQ-2 dengan ESP32

Tabel Wiring MQ-135 ESP32	
MQ-2	ESP32
3V3	3V3
GND	GND
A0	4

### 3.8 Skematik Rangkaian

Adapun skematik rangkaian dari perangkat ini adalah;



**Gambar 3.4** Skematik rangkaian perangkat LoRa *transmitter*



### 3.9 Prosedur Perancangan Alat

Adapun Langkah kerja dari penyusunan rangkaian Transmitter LoRa ini yaitu;

1. Menyiapkan seluruh alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Merangkai tiap komponen sesuai dengan skematik yang ditunjukkan Gambar 2.3.1.
3. Diperiksa kembali semua sambungan dari rangkaian.
4. Rangkaian dihubungkan dengan menggunakan kabel Micro USB
5. Buka aplikasi Arduino IDE.
6. *Install Board* yang digunakan (dalam hal ini adalah Board ESP32).
7. *Install Library* yang dibutuhkan (dalam hal ini beberapa library yang dibutuhkan meliputi; LoRa.h, SPI.h, Wire.h, Adafruit\_GFX.h, Adafruit\_SSD1306.h, Adafruit\_Sensor.h, dan Adafruit\_BMP280.h
8. Setelah menginstal semua *library* yang dibutuhkan tinggal membuat codingan untuk LoRa *Trasnmitter* Adapun codingan untuk LoRa *Transmitter* akan dibahas di Sub Bab 2.5 Coding LoRa *Transmitter*
9. Setelah melakukan coding cek codingan di Arduino IDE dengan memilih menu *verify code* di sebelah kiri atas.
10. Apabila terjadi kesalahan maka harus diperiksa kembali dan dibenahi.
11. Apabila sudah tidak ada kesalahan maka bisa dilanjutkan ke proses *upload* codingan ke *board* dengan cara memilih menu *upload* pada Arduino IDE
12. Saat mengupload codingan diharapkan untuk melepaskan kabel *jumper* 3V3 dari ESP32 ke LoRa.
13. Setelah codingan berhasil diupload hubungkan kembali kabel *jumper* 3V3 dari ESP32 menuju LoRa.

14. Setelah melakukan semua proses di atas maka LoRa *transmitter* akan bekerja ditandai dengan munculnya tampilan *opening* diikuti dengan pernyataan “*LoRa Inisializing OK!*” kemudian menampilkan data sensor dan mengirimnya ke LoRa *Receiver*.

### 3.10 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menguji kinerja alat serta keakuratan alat dalam membaca data cuaca berupa suhu dan tekanan udara serta nilai konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara. pengujian akurasi alat dilakukan dengan pengambilan data untuk memperoleh variabel data suhu, tekanan, ketinggian, dan konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di lingkungan kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengamatan dilakukan setiap 60 menit sekali selama lima hari berturut-turut dimulai pada tanggal 20 Mei 2023 - 24 Mei 2023. Data yang diperoleh akan dikirimkan ke penerima menggunakan LoRa.

### 3.11 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data yaitu mencari keakuratan data cuaca (suhu dan tekanan udara) serta pola konsentrasi Gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara kemudian data hasil pengukuran suhu, tekanan udara dibandingkan dengan data historis yang ada.

Proses pengujian akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan data suhu dan tekanan udara sensor dengan data historis dari *website* penyedia layanan data cuaca. Nilai akurasi sensor dapat dicari menggunakan persamaan berikut (Arman, Muhammad, dkk, 2022):

$$Error \% = \left( \frac{\Delta t}{\text{suhu sebenarnya}} \right) \times 100$$

$$Akurasi = 100\% - Error\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Nilai *error* merupakan ukuran dari sejauh mana perbedaan antara hasil yang diharapkan dengan hasil yang sebenarnya. Dalam berbagai bidang seperti ilmu komputer, matematika, statistika, dan teknik, penggunaan nilai *error* sangat penting untuk mengevaluasi dan memperbaiki kualitas model atau proses yang sedang dilakukan. *Error* dapat berasal dari berbagai faktor seperti kesalahan pengukuran, ketidakpastian dalam data, atau ketidaktepatan dalam proses perhitungan.

Dalam konteks pemodelan dan prediksi, nilai *error* sering digunakan untuk mengukur kualitas dan akurasi suatu model. Semakin kecil nilai *error*, semakin baik model tersebut dalam memprediksi data. Terdapat beberapa metrik *error* yang umum digunakan, seperti *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Squared Error* (MSE), dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). MAE mengukur rata-rata dari selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya, sedangkan MSE dan RMSE mengukur rata-rata dari selisih kuadrat antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya. Semakin kecil nilai MAE, MSE, atau RMSE, semakin baik kualitas prediksi model tersebut.

Dalam kesimpulannya, nilai *error* merupakan indikator yang penting dalam berbagai bidang untuk mengevaluasi kualitas model, prediksi, atau hasil pengukuran. Dengan memahami dan memanfaatkan nilai *error* dengan baik, kita dapat mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan, meningkatkan akurasi, dan mendapatkan hasil yang lebih andal dalam berbagai proses dan analisis.







## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

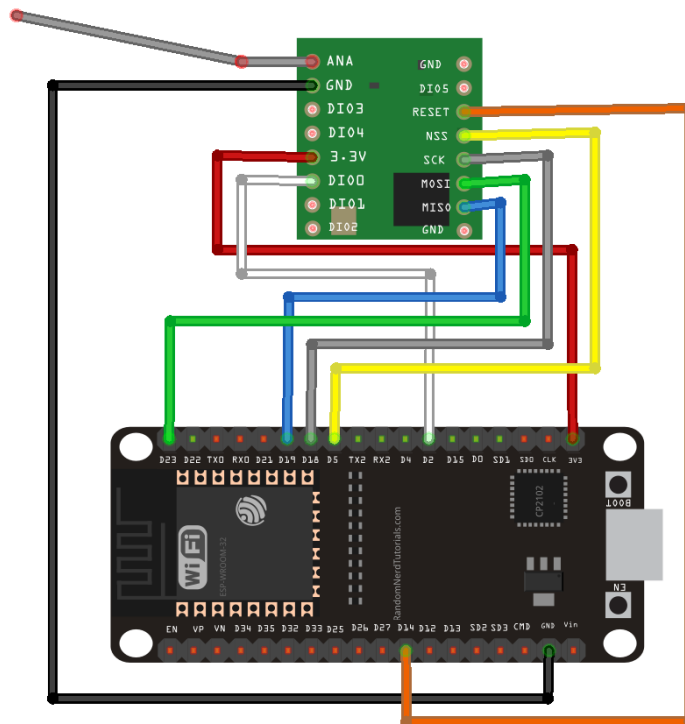
Penelitian yang dilakukan kali ini bertujuan untuk membuat sebuah alat monitoring data cuaca berupa suhu dan tekanan udara serta monitoring polusi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara. Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat guna mengetahui kualitas udara di wilayahnya serta mengetahui tingkat polusi udara yang diakibatkan dari efek rumah kaca, serta pengaruhnya terhadap suhu dan tekanan udara. Penelitian ini dilakukan di halaman depan Gedung rektorat UIN Maulana Malik Ibrahim lebih tepatnya berlokasi di area sungai depan Gedung rektorat. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memonitoring data cuaca dan kualitas udara serta tingkat polusi efek gas rumah kaca, Adapun parameter dalam penelitian ini meliputi suhu, tekanan udara, konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara.

Sebelum dilakukan penelitian ini harus melewati beberapa tahapan seperti studi literatur, proses perancangan *hardware* dan *software*. Pada perancangan *hardware* menggunakan mikrokontrol ESP32 dan LoRa 915 Mhz sebagai pengirim sekaligus penerima data yang dibaca sensor, Adapun sensor yang digunakan adalah BMP280 untuk membaca nilai suhu dan tekanan udara serta MQ-135 untuk membaca nilai konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> di udara, dari sisi *software* penelitian ini menggunakan *software* Arduino IDE dalam menyusun serta mengunggah *sketch* ke mikrokontrol ESP32, *Microsoft Word* 2019 dalam menulis

dan Menyusun hasil penelitian, serta *Microsoft Excel* dalam mengolah data hasil penelitian.

#### 4.1.1 Perancangan dan Pengujian LoRa

Rangkaian ini menggunakan modul LoRa LILYGO TTGO T-SHIELD 915 Mhz. yang dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32, modul LoRa ini dapat mengirim dan menerima data secara real time dan dari jarak yang jauh, kelebihan LoRa dibandingkan dengan modul lain adalah selain jarak tempuh yang jauh tetapi juga sangat hemat konsumsi daya yakni sekitar 4.2 mA ketika sedang mengirim atau menerima data, dalam penggunaannya modul LoRa menggunakan system *interface* SPI dalam berkomunikasi dengan mikrokontroler ESP32 dan dihunungkan dengan sumber tegangan 3.3 volt. Adapun rangkaian modul LoRa dengan ESP32 dapat dilihat di gambar 4.1 berikut.



**Gambar 4.1** Skematik rangkaian ESP32 dengan modul LoRa.  
(<https://www.pinterest.com/>)



Rangkaian ESP32 dengan LoRa adalah kombinasi antara modul mikrokontroler ESP32 dan modul komunikasi LoRa (*Long Range*). ESP32 adalah mikrokontroler yang kuat dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth, sedangkan LoRa adalah teknologi nirkabel yang dirancang khusus untuk komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Rangkaian ini memanfaatkan kemampuan ESP32 untuk mengendalikan modul LoRa dan menggunakan kemampuan komunikasi nirkabel LoRa untuk mengirim dan menerima data pada jarak yang jauh. ESP32 dapat mengambil data dari berbagai sensor atau sumber lainnya, dan menggunakan modul LoRa untuk mengirimkan data tersebut melalui frekuensi radio LoRa.

Data yang dikirim melalui LoRa dapat mencakup berbagai informasi seperti suhu, kelembaban, tekanan, lokasi, atau data sensor lainnya. ESP32 bertindak sebagai pengendali utama yang mengumpulkan, memproses, dan mengirimkan data tersebut melalui modul LoRa. Kelebihan utama dari kombinasi ESP32 dengan LoRa adalah kemampuan komunikasi jarak jauh yang dapat mencapai beberapa kilometer dengan daya yang efisien. Hal ini membuatnya ideal untuk proyek-proyek IoT di mana perangkat-perangkat perlu berkomunikasi di area yang luas tanpa koneksi internet tradisional.

Rangkaian ESP32 dengan LoRa digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan lingkungan, pemantauan kebun, pengawasan keamanan, jaringan sensor jarak jauh, dan proyek IoT lainnya di mana komunikasi nirkabel jarak jauh menjadi kebutuhan utama.

Tabel 4.1 Wiring Modul LoRa dengan ESP32

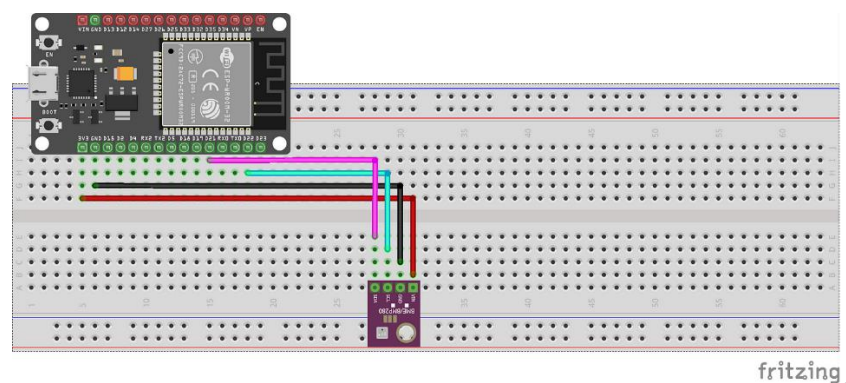
Tabel Wiring LoRa ESP32		
LoRa	PIN	ESP32
3V3		3V3
GND		GND
MISO	(19)	(19)
MOSI	(27)	(23)
CS	(18)	(5)
SCLK	(5)	(18)
RST	(23)	(14)
DI0	(14)	(2)

Prinsip kerja dari LoRa melibatkan modulasi chirp, di mana data dikodekan dalam perubahan frekuensi gelombang sinusoidal yang berubah seiring waktu. Teknik spektrum lebar digunakan untuk mengurangi gangguan dan meningkatkan daya tangkap sinyal. LoRa juga menggunakan modulasi differensial dan teknik spread spectrum untuk meningkatkan toleransi terhadap interferensi dan perubahan kondisi saluran.

Gateway digunakan sebagai jembatan untuk menghubungkan perangkat LoRa ke jaringan IP, mengumpulkan dan meneruskan data ke server pusat. LoRa menjadi pilihan yang populer dalam aplikasi IoT karena jangkauan komunikasi yang jauh, efisiensi energi yang tinggi, dan kemampuan untuk beroperasi dalam kondisi saluran yang bising.

#### 4.1.2 Perancangan dan Pengujian Sensor Suhu dan Tekanan BMP280

Rangkaian sensor suhu dan tekanan BMP280, sensor tersebut digunakan karena sudah terbukti sangan akurat dan minim *error*, sensor BMP280 dihubungkan dengan mikrokontrol ESP32 menggunakan interface I2C dan menggunakan sumber tegangan 3.3 volt, sensor BMP280 ini pada dasarnya hanya membaca variable dari nilai suhu dan tekanan udara, akan tetapi pada kenyataannya dapat dikembangkan lagi untuk membaca variabel nilai ketinggian, nilai ketinggian ini sifatnya relatif dikarenakan nilainya didapat dari kalkulasi nilai tekanan udara yang sudah dibaca. Adapun untuk skema rangkaian sensor suhu dan tekanan BMP280 yang dihubungkan dengan mikrokontrol dapat dilihat di gambar 4.2 berikut;



**Gambar 4.2** Skematik rangkaian ESP32 dengan sensor BMP280  
(<https://microdigisoft.com/>)

Rangkaian ESP32 dengan sensor BMP280 adalah kombinasi antara modul mikrokontroler ESP32 dan sensor BMP280. ESP32 adalah mikrokontroler yang kuat dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth, sedangkan BMP280 adalah sensor tekanan dan suhu yang digunakan untuk mengukur tekanan atmosfer dan suhu lingkungan. Rangkaian ini memanfaatkan kemampuan ESP32 untuk mengumpulkan data dari sensor BMP280 dan mentransmisikannya melalui koneksi

Wi-Fi atau Bluetooth ke perangkat lain atau ke cloud. Sensor BMP280 akan mengukur tekanan atmosfer dan suhu di sekitarnya, dan menghasilkan keluaran digital yang akan dibaca oleh ESP32.

Setelah membaca nilai keluaran sensor BMP280, ESP32 dapat meneruskan data tersebut ke aplikasi atau sistem yang relevan. Contohnya, data ini dapat digunakan untuk memonitor cuaca, memprediksi perubahan cuaca, mengontrol sistem pengkondisian udara, atau digunakan dalam proyek pemantauan lingkungan. Kombinasi ESP32 dengan sensor BMP280 memberikan kemampuan pengambilan data dan konektivitas yang kuat, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan cuaca, sistem pengendalian otomatis, dan proyek *Internet of Things* (IoT) lainnya yang membutuhkan pemantauan tekanan dan suhu.

Tabel 4.2 Wiring Sensor BMP280 dengan ESP32

Tabel Wiring BMP280 ESP32	
BMP280	ESP32
VCC	3V3
GND	GND
SCL	(22)
SDA	(21)

Berikut adalah prinsip kerja sensor BMP280 terbagi menjadi dua yaitu; Teknologi barometrik dan teknologi termometrik, pada teknologi barometrik Sensor BMP280 menggunakan sebuah mikrochip sensor tekanan yang memanfaatkan prinsip kerja barometrik. Dalam sensor ini terdapat sebuah sel yang mengukur tekanan atmosfer. Ketika tekanan atmosfer berubah, sel ini akan

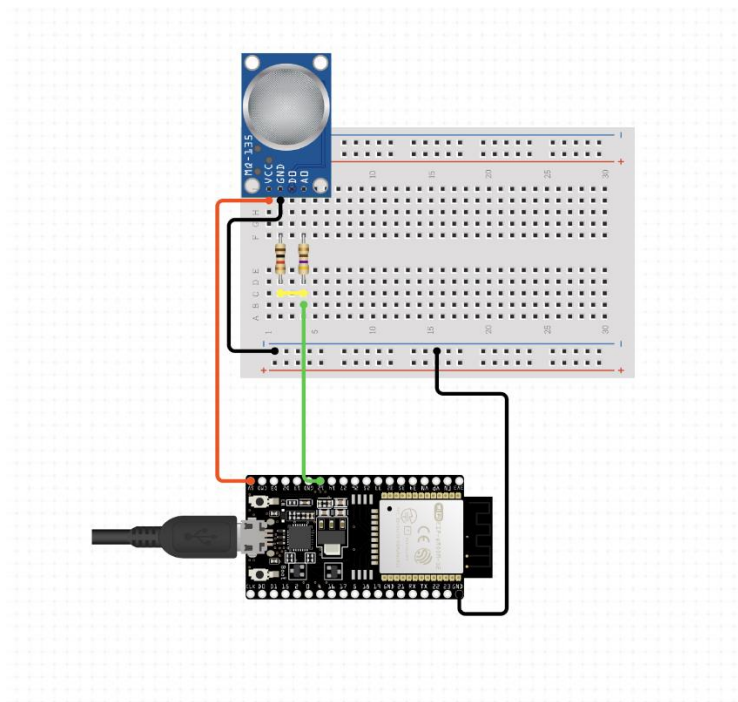
menghasilkan perubahan tegangan yang sebanding dengan tekanan yang diterima. Perubahan tegangan ini kemudian diubah menjadi nilai digital oleh chip sensor.

Pada teknologi termometrik sensor BMP280 juga dilengkapi dengan sensor suhu yang menggunakan prinsip kerja termometrik. Sensor suhu ini mendeteksi perubahan suhu dan mengubahnya menjadi nilai digital. Prinsip kerja termometrik dapat melibatkan perubahan resistansi, tegangan, atau arus berdasarkan suhu yang diukur.

Kedua nilai digital tekanan dan suhu ini kemudian dapat diakses melalui antarmuka komunikasi seperti I2C atau SPI oleh mikrokontroler atau perangkat lainnya. Dengan memanfaatkan data yang dihasilkan oleh sensor BMP280, kita dapat memantau perubahan tekanan atmosfer dan suhu dalam berbagai aplikasi seperti cuaca, pemantauan lingkungan, dan navigasi.

#### **4.1.3 Perancangan dan Pengujian Sensor Gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> MQ-135**

Rangkaian sensor MQ-135 dapat membaca nilai konsentrasi NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, Alkohol, Toluena, dan Aseton, sensor MQ-135 ini dihubungkan dengan mikrokontrol ESP32 dengan sumber tegangan 3.3 volt, sedangkan untuk pin ground dan A0 ditambah resistor masing-masing, pada dasarnya nilai yang dibaca oleh sensor MQ-135 hanya berupa nilai ADC, akan tetapi melalui proses perumusan sketch di Arduino IDE dan berdasarkan Library yang ada maka nilai ADC tersebut dapat dikonversi dalam nilai konsentrasi gas tertentu dalam satuan ppm (*parts per million*). Berikut adalah sekema rangkaian Sensor MQ-135 dengan mikrokontrol ESP32.



**Gambar 4.3** Skematik rangkaian ESP32 dengan sensor MQ-135  
(<https://www.hackster.io/>)

Rangkaian ESP32 dengan sensor MQ-135 adalah kombinasi dari modul mikrokontroler ESP32 dan sensor gas MQ-135. ESP32 adalah mikrokontroler yang kuat dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth, sedangkan MQ-135 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya, terutama gas NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alkohol, benzena, dan asap. Rangkaian ini memanfaatkan kemampuan ESP32 untuk mengumpulkan data dari sensor MQ-135 dan mentransmisikannya melalui koneksi Wi-Fi atau Bluetooth ke perangkat lain atau ke cloud. Sensor MQ-135 akan mendeteksi adanya gas berbahaya di sekitarnya dan menghasilkan keluaran analog yang akan dibaca oleh ESP32.

Setelah membaca nilai keluaran sensor MQ-135, ESP32 dapat meneruskan data tersebut ke aplikasi atau sistem yang relevan. Contohnya, data tersebut dapat digunakan untuk memantau kualitas udara di dalam ruangan, mengaktifkan

peringatan jika ada konsentrasi gas berbahaya yang melebihi ambang batas, atau menganalisis tren polusi udara seiring waktu. Kombinasi ESP32 dengan sensor MQ-135 memberikan kemampuan pengambilan data dan konektivitas yang kuat, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemantauan kualitas udara, sistem keamanan, dan proyek Internet of Things (IoT) lainnya.

Tabel 4.3 Wiring Sensor MQ-135 dengan ESP32

Tabel Wiring MQ-135 ESP32	
MQ-135	ESP32
VCC	5V
GND	GND
A0	4

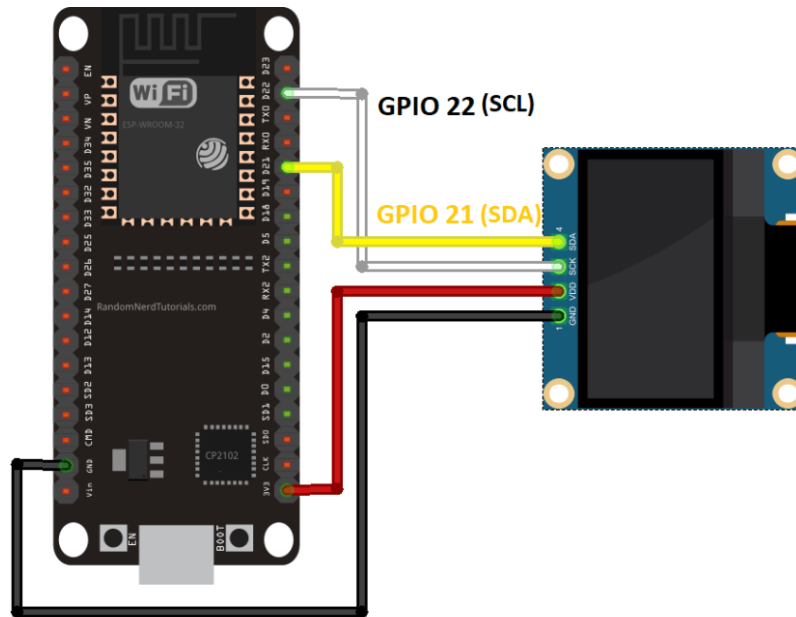
Sensor MQ-135 menggunakan prinsip kerja kimiawi resistansi untuk mendeteksi adanya gas berbahaya dalam udara. Di dalam sensor, terdapat elemen sensitif yang terdiri dari lapisan logam oksida yang dapat bereaksi terhadap gas tertentu. Ketika gas berbahaya masuk ke dalam sensor, lapisan logam oksida akan berinteraksi dengan gas tersebut, mengubah resistansinya. Perubahan resistansi ini kemudian diukur oleh sensor dan dikonversi menjadi nilai analog yang mewakili tingkat keberadaan gas berbahaya. Nilai analog ini dapat diubah menjadi nilai digital dengan menggunakan komponen tambahan seperti mikrokontroler. Dengan memonitor nilai digital yang dihasilkan oleh sensor MQ-135, kita dapat mengevaluasi kualitas udara dan mendeteksi keberadaan gas berbahaya. Sensor ini digunakan dalam banyak aplikasi termasuk sistem pengawasan kualitas udara dalam ruangan, sistem keamanan, dan peralatan perlindungan lingkungan.

#### **4.1.4 Perancangan dan Pengujian ESP32 dengan OLED SSD1306 0.9”**

OLED SSD1306 diinterfacing dengan mikrokontroler ESP32 menggunakan *interface I2C Interface I2C (Inter-Integrated Circuit)* adalah protokol komunikasi yang digunakan untuk mentransfer data antara perangkat elektronik dalam sistem terintegrasi. I2C dikembangkan oleh Philips *Semiconductor* (sekarang NXP Semiconductors) pada tahun 1982 dan telah menjadi standar *de facto* dalam industri elektronik.

I2C menggunakan dua jalur komunikasi utama, yaitu SDA (*Serial Data Line*) dan SCL (*Serial Clock Line*). SDA digunakan untuk mentransfer data antara perangkat, sedangkan SCL digunakan untuk mengatur kecepatan transfer data dan sinkronisasi antara perangkat. I2C juga mendukung multimas yang memungkinkan beberapa perangkat terhubung ke bus I2C yang sama. Pada perancangan alat ini digunakan OLED SSD1306 dikarenakan konsumsi daya yang rendah, dan background lebih gelap dibandingkan dengan LCD konvensional sehingga cocok apabila digunakan di area terbuka yang terpapar langsung dengan sinar matahari.





**Gambar 4.4** Rangkaian mikrokontroler dengan OLED SSD 1306  
(<https://fathanananta.medium.com/>)

Rangkaian ESP32 dengan OLED SSD1306 adalah kombinasi antara modul mikrokontroler ESP32 dan layar OLED SSD1306. ESP32 adalah mikrokontroler yang kuat dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth, sedangkan OLED SSD1306 adalah layar kecil berbasis teknologi OLED yang dapat menampilkan teks, gambar, dan grafik dengan resolusi tinggi. Rangkaian ini memanfaatkan kemampuan ESP32 untuk mengendalikan layar OLED SSD1306 dan menampilkan informasi visual yang relevan. ESP32 dapat mengirim perintah dan data ke layar OLED untuk menampilkan teks, angka, ikon, atau grafik sesuai kebutuhan.

Layar OLED SSD1306 memiliki keunggulan seperti kontras yang tinggi, sudut pandang yang luas, dan konsumsi daya yang rendah. Hal ini membuatnya cocok untuk digunakan dalam proyek-proyek dengan keterbatasan ruang atau kebutuhan tampilan yang kecil namun informatif. Rangkaian ESP32 dengan OLED SSD1306 dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti penampilan data sensor,

tampilan status perangkat, tampilan menu, atau antarmuka pengguna sederhana. ESP32 mengambil data dari berbagai sumber dan mengirimkannya ke layar OLED untuk ditampilkan secara visual kepada pengguna. Kombinasi ESP32 dengan OLED SSD1306 memberikan kemampuan tampilan yang fleksibel dan intuitif, sehingga cocok untuk proyek-proyek dengan kebutuhan tampilan sederhana namun efektif.

Tabel 4.4 Wiring Modul OLED 1306 0.96” dengan ESP32

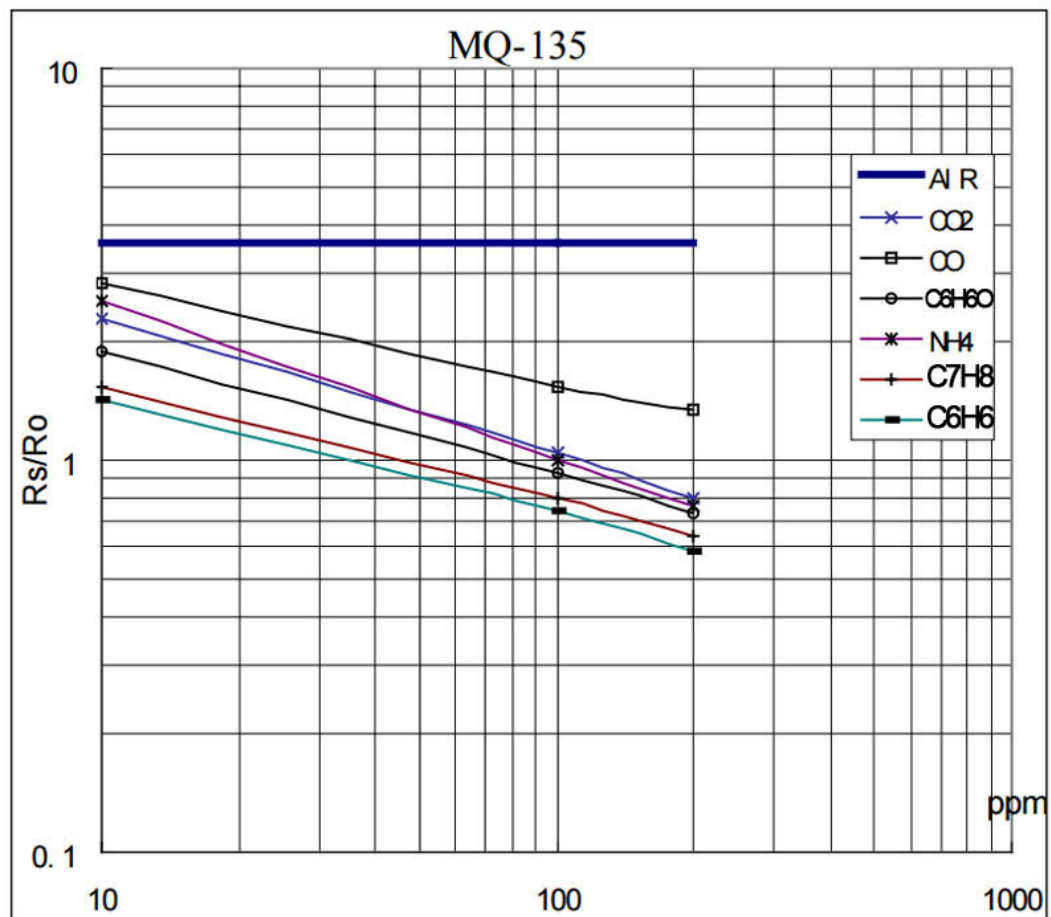
Tabel Wiring OLED ESP32	
OLED 1036 0.96”	ESP32
VCC	3V3
GND	GND
SCL	(22)
SDA	(21)

Prinsip kerja OLED SSD1306 melibatkan mengontrol aliran arus listrik ke piksel-piksel ini. Data gambar atau teks dikirim ke layar melalui antarmuka komunikasi seperti I2C atau SPI. Setiap piksel diatur sesuai dengan data yang diterima untuk menghasilkan gambar atau teks yang diinginkan. Keuntungan utama dari OLED SSD1306 adalah bahwa tidak ada pencahayaan latar belakang yang diperlukan seperti pada layar LCD konvensional. Sebaliknya, piksel-piksel individu menghasilkan cahaya mereka sendiri, yang memungkinkan kontras yang lebih baik, kecerahan yang lebih tinggi, dan waktu respons yang lebih cepat.

## 4.2 Kalibrasi Sensor

Pengkalibrasian alat dilakukan terhadap sensor MQ-135, pengkalibrasian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi dari pembacaan sensor, proses kalibrasi sensor MQ-135 ini dilakukan melalui proses matematis berdasarkan grafik yang ada pada datasheet sensor MQ-135 proses matematis tersebut kemudian di masukkan dalam system pengkodingan data melalui software Arduino IDE.

Berikut ini adalah grafik pengujian sensor MQ-135 bersumber dari datasheet;



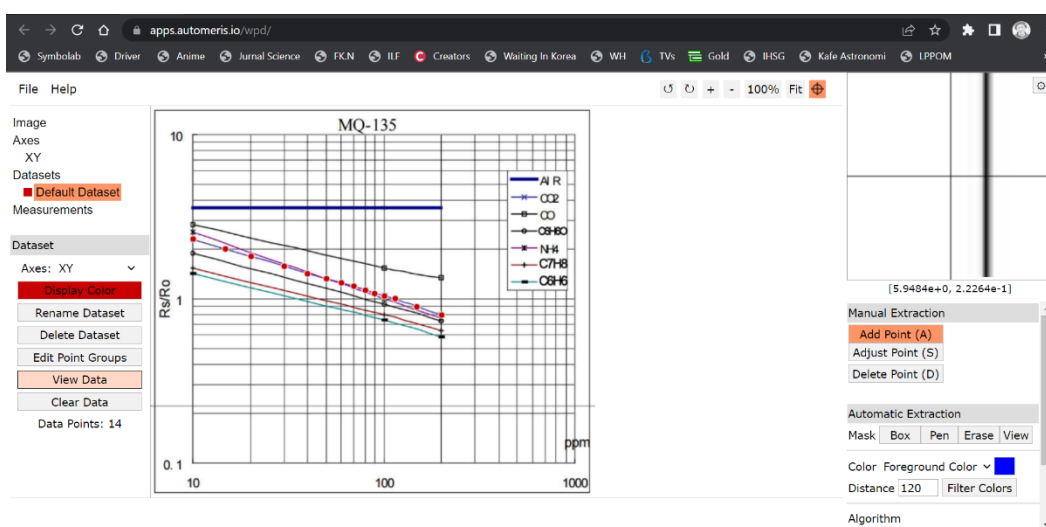
**Gambar 4.5** Grafik perbandingan nilai  $R_s/R_o$  dengan ppm sensor MQ-135  
(<https://www.researchgate.net/>)

Grafik di atas menunjukkan nilai pot log-log atau data tersebut memiliki skala

logaritmik pada kedua sumbunya, dari grafik tersebut juga diketahui bahwa nilai  $R_s/R_o$  di presentasikan dengan variable  $R_s/R_o$  dan sumbu x digambarkan sebagai nilai konsentrasi gas dalam satuan ppm, agar lebih mudah dalam pembacaan data maka grafik di atas harus dibalik dimana nilai  $R_s/R_o$  menjadi sumbu x dan nilai ppm menjadi sumbu y.

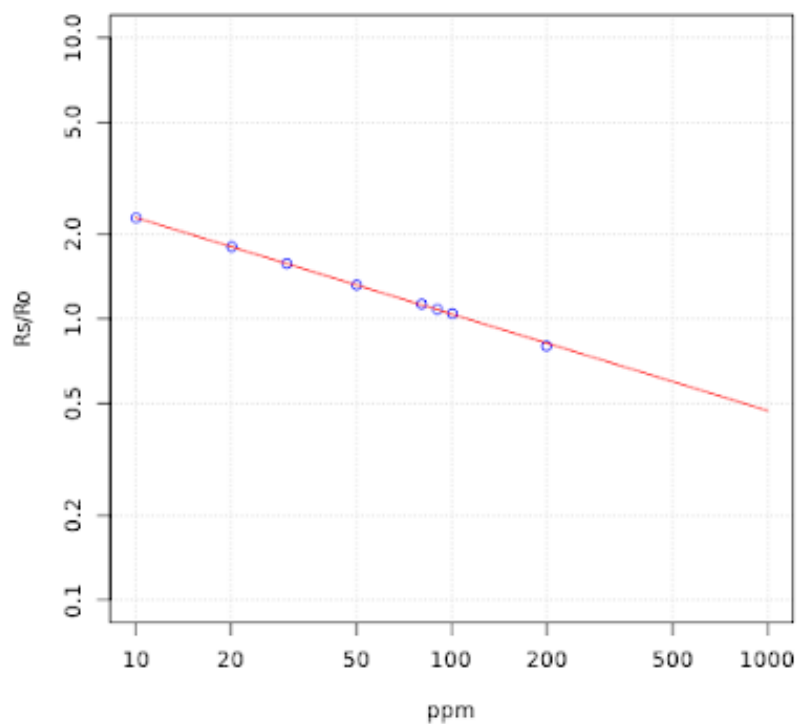
Sebelum melakukan pembalikan grafik tersebut pertama-tama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai perpotongan x dan y dari salah satu gas yang ada pada grafik, dalam hal ini yang digunakan untuk pengkalibrasian adalah gas  $CO_2$  untuk melakukan marking pada garis konsentrasi gas  $CO_2$  dibutuhkan bantuan aplikasi untuk menentukan nilai tiap perpotongan pada garis konsentrasi gas  $CO_2$ .

Cara termudah untuk menentukan nilai perpotongan dari grafik konsentrasi gas  $CO_2$  adalah dengan menggunakan menggunakan *software Web Plot Digitizer* aplikasi tersebut dapat diakses melalui laman <https://apps.automeris.io/> aplikasi tersebut sangat memudahkan penggunaanya dalam menentukan nilai perpotongan sumbu x dan y dari sebuah grafik.



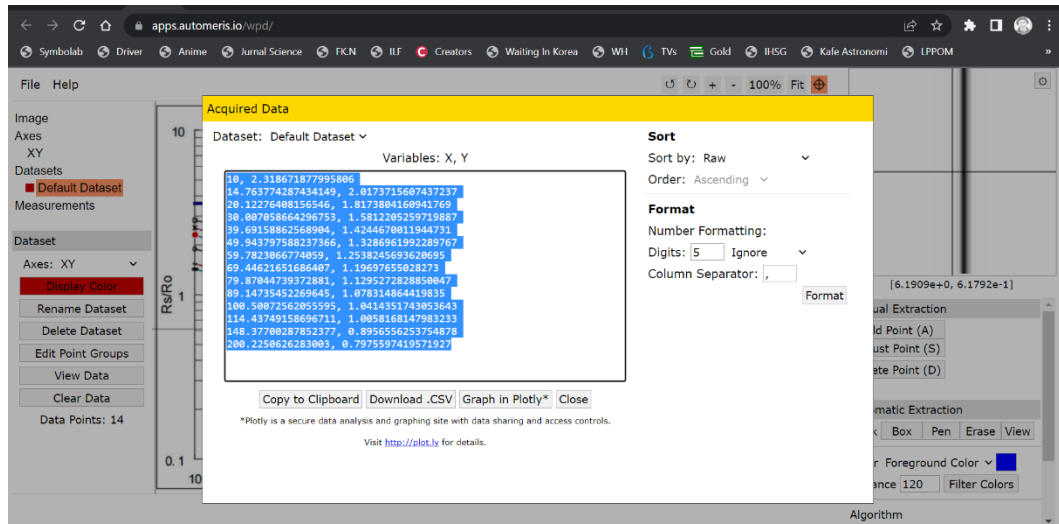
**Gambar 4.6** Tampilan *software Web Plot Digitizer* (<https://apps.automeris.io/>)

Gambar di atas menunjukkan grafik nilai konsentrasi gas yang dibaca sensor MQ-135 dari datasheet sensor MQ-135 yang telah diupload di *software Web Plot Digitizer* dan dapat dilihat pada grafik gas CO<sub>2</sub> terdapat titik-titik merah yang menunjukkan nilai perpotongan ppm dengan Rs/Ro untuk lebih detailnya dapat dilihat pada gambar berikut;



**Gambar 4.7** *Marking line* pada grafik konsentrasi gas CO<sub>2</sub>  
(<http://davidegironi.blogspot.com/>)

Setelah dilakukan maring pada grafik konsentrasi gas CO<sub>2</sub> maka Langkah selanjutnya adalah memunculkan nilai perpotongan antara nilai Rs/Ro dengan ppm, cara untuk memunculkan nilai perpotongan tersebut adalah dengan mengklik pilihan *View Data* pada gambar 4.6 maka data akan ditampilkan sebagai mana gambar berikut ini;



**Gambar 4.8** Tampilan data perpotongan grafik konsentrasi gas CO<sub>2</sub>

**Tabel 4.5** Data perpotongan nilai Rs/Ro dengan ppm gas CO<sub>2</sub>

Marking Data Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub>		
No.	X	Y
1	10,00	2,31
2	14,76	2,01
3	20,12	1,817
4	30,00	1,58
5	39,69	1,42
6	49,94	1,32
7	59,78	1,25
8	69,44	1,19
9	79,87	1.12
10	89,14	1.07
11	100,50	1.04
12	114,43	1.00
13	148,37	0.89
14	200,22	0.79

Data pada table 4.5 dilakukan *power regression* agar diperoleh konstanta nilai A dan B. *Power regression* adalah metode statistik yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara dua variabel dengan bentuk yang menyerupai fungsi daya, dalam *power regression*, hubungan antara variabel independen ( $x$ ) dan variabel dependen ( $y$ ) diestimasi dengan persamaan;

$$y = A \cdot x^B \dots\dots\dots (4.1)$$

di mana A dan B adalah parameter yang akan diestimasi.

Dalam persamaan *power regression*, parameter B menggambarkan eksponen atau pangkat yang mengatur hubungan antara  $x$  dan  $y$ . Jika B positif, itu menunjukkan hubungan positif di mana  $x$  meningkat, maka  $y$  juga meningkat. Jika B negatif, itu menunjukkan hubungan negatif di mana  $x$  meningkat, maka  $y$  menurun. Parameter A adalah konstanta yang menggeser kurva secara vertikal.

*Power regression* dapat dilakukan dengan dengan cara memasukkan nilai-nilai  $x$  dan  $y$  dari table 4.5 ke dalam *power regression calculator* agar lebih mudah dalam menentukan nilai A dan B sekaligus memplot nilai *power regression* tersebut ke dalam sebuah grafik, *power regression calculator* dapat diakses melalui laman <https://keisan.casio.com/exec/system/14059931777261>

Analyzes the data table by power regression and draws the chart.

Power regression:  $y = Ax^B$

(input by clicking each cell in the table below)

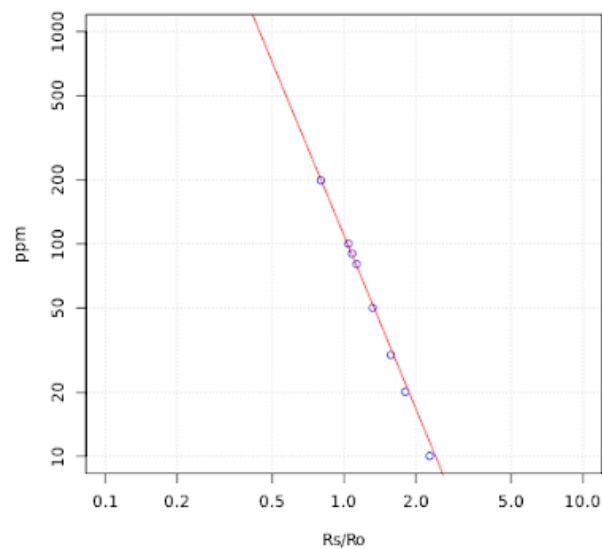
No.	x	y
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

data

Execute Clear Store/Read 10digit v

**Gambar 4.9** Tampilan *Power Regression Calculator*  
(<https://keisan.casio.com/exec/system/14059931777261>)

Dalam mempermudah pembacaan nilai ppm maka dari gambar 4.7 perlu dibalik dengan cara mengubah subu x menjadi sumbu y dan mengubah sumbu y menjadi sumbu x, maka grafik yang dihasilkan akan menjadi seperti berikut;



**Gambar 4.10** Hasil pembalikan nilai x dan y antara  $R_s/R_o$  dengan ppm  
(<http://davidegironi.blogspot.com/>)



Data dari table 4.5 dimasukkan ke dalam power regression calculator, agar grafik yang dihasilkan sesuai dengan gambar 4.10 maka perlu dilakukan perubahan input data, dimana data sumbu x pada table 4.5 dimasukkan kedalam sumbu y pada gambar 4.9 dan data sumbu y pada table 4.5 dimasukkan kedalam data sumbu x pada gambar 4.9 sebagai mana di tunjukkan pada gambar beriku ini;

Analyzes the data table by power regression and draws the chart.

Power regression:  $y=Ax^B$

(input by clicking each cell in the table below)

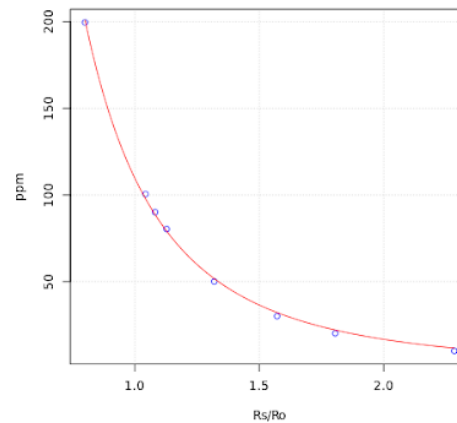
No.	x	y
1	2,318671878	10
2	2,017371561	14,7638
3	1,817380416	20,1228
4	1,581220526	30,0071
5	1,424467001	39,6916
6	1,328696199	49,9438
7	1,253824569	59,7823
8	1,19697655	69,4462
9	1,129527283	79,8704
10	1,078314864	89,1474
11	1,041435174	100,5007
12	1,005816815	114,4375
13	0,895655625	148,377
14	0,797559742	200,2251

data

Execute Clear Store/Read Print 10digit v

**Gambar 4.11** Nilai x dan y dimasukkan ke dalam *power regression calculator* (<https://keisan.casio.com/exec/system/14059931777261>)

Penggunaan metode kalkulasi power regression ini bertujuan untuk menentukan nilai konstanta A dan B yang mana akan mengubah grafik pada gambar 4.10 menjadi grafik penurunan eksponensial sebagai mana ditunjukkan pada gambar berikut;

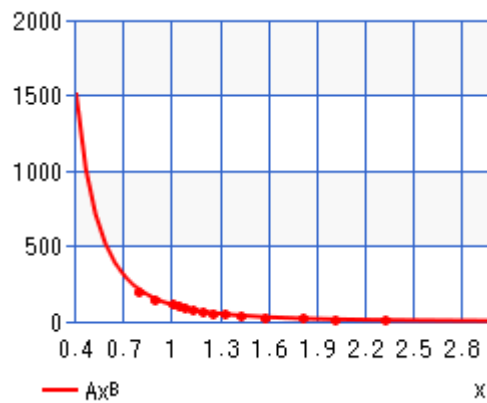


**Gambar 4.12** Bentuk kurva penurunan eksponensial dari konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap Rs/Ro.  
(<http://davidegironi.blogspot.com/>)

Hasil kalkulasi dari *power regression* dapat ditampilkan melalui perintah Execute pada gambar 4.11 data *power regression* yang di hasilkan melalui aplikasi ini ada dua jenis yaitu berupa data numerikal dan data berupa gambar, data berupa gambar adalah plottingan dari hasil kalkulasi data dengan menggunakan metode *power regression*.

Tabel 4.6 Hasil kalkulasi menggunakan *power regression*

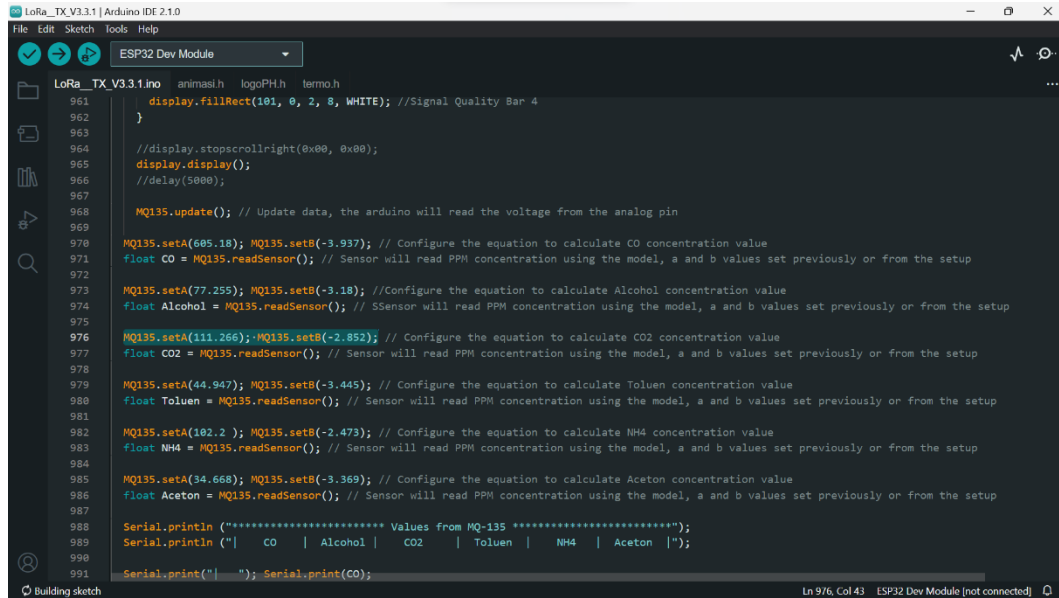
Function	Value
Mean of x	1.28
Mean of y	5.39
Correlation coefficient r	-0.99
A	1,11
B	-2.85



**Gambar 4.13** Grafik Hasil kalkulasi menggunakan metode power regression (<https://keisan.casio.com/exec/system/14059931777261>)

Dilihat dari gambar 4.13 yang merupakan plotting dari hasil kalkulasi data table 4.5 menggunakan metode power regression memperoleh hasil berbentuk kurva penurunan eksponensial jika gambar tersebut dibandingkan dengan gambar 4.12 maka hasilnya kurang lebih kedua grafik tersebut identic artinya proses kalkulasi ini sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki diawal yaitu mencari konstanta nilai A dan B dan mempermudah pembacaan grafik konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan membalik sumbu x dan y.

Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai konstanta A dan B yang terdapat pada table 4.6 ke dalam *sketch* pada *software* Arduino IDE, berikut ini adalah gambar nilai A dan B yang dimasukkan kedalam codingan pada aplikasi Arduino IDE;



```

961   display.fillRect(101, 0, 2, 8, WHITE); //Signal Quality Bar 4
962   }
963
964   //display.stopscrollright(0x00, 0x00);
965   display.display();
966   //delay(5000);
967
968   MQ135.update(); // Update data, the arduino will read the voltage from the analog pin
969
970   MQ135.setA(685.18); MQ135.setB(-3.937); // Configure the equation to calculate CO concentration value
971   float CO = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
972
973   MQ135.setA(77.255); MQ135.setB(-3.18); //Configure the equation to calculate Alcohol concentration value
974   float Alcohol = MQ135.readSensor(); // Ssensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
975
976   MQ135.setA(111.266); MQ135.setB(-2.852); // Configure the equation to calculate CO2 concentration value
977   float CO2 = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
978
979   MQ135.setA(44.947); MQ135.setB(-3.445); // Configure the equation to calculate Toluene concentration value
980   float Toluene = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
981
982   MQ135.setA(102.2 ); MQ135.setB(-2.473); // Configure the equation to calculate NH4 concentration value
983   float NH4 = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
984
985   MQ135.setA(34.668); MQ135.setB(-3.369); // Configure the equation to calculate Acetone concentration value
986   float Acetone = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using the model, a and b values set previously or from the setup
987
988   Serial.println ("***** Values from MQ-135 *****");
989   Serial.println ("| CO | Alcohol | CO2 | Toluene | NH4 | Acetone |");
990
991   Serial.print("| "); Serial.print(CO);

```

**Gambar 4.14** Memasukkan nilai A dan B ke dalam *sketch* (Arduino IDE)

Gambar di atas merupakan tampilan sketch Arduino IDE nilai konstanta A dan B yang diperoleh melalui proses regresi dimasukkan pada sketch sesuai dengan jenis gas yang dikalibrasi.

### 4.3 Validasi Sensor

Validasi sensor adalah proses untuk memverifikasi atau menguji apakah sensor bekerja dengan benar dan menghasilkan data yang akurat dan dapat diandalkan. Validasi sensor penting untuk memastikan bahwa sensor memberikan pengukuran yang akurat dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, berikut adalah validasi dari kedua sensor.

#### 4.3.1 Validasi Sensor Suhu BMP280

Validasi sensor suhu BMP280 adalah proses untuk memverifikasi kinerja sensor suhu BMP280 secara khusus. BMP280 adalah sensor suhu dan tekanan yang populer yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk meteorologi, otomotif,

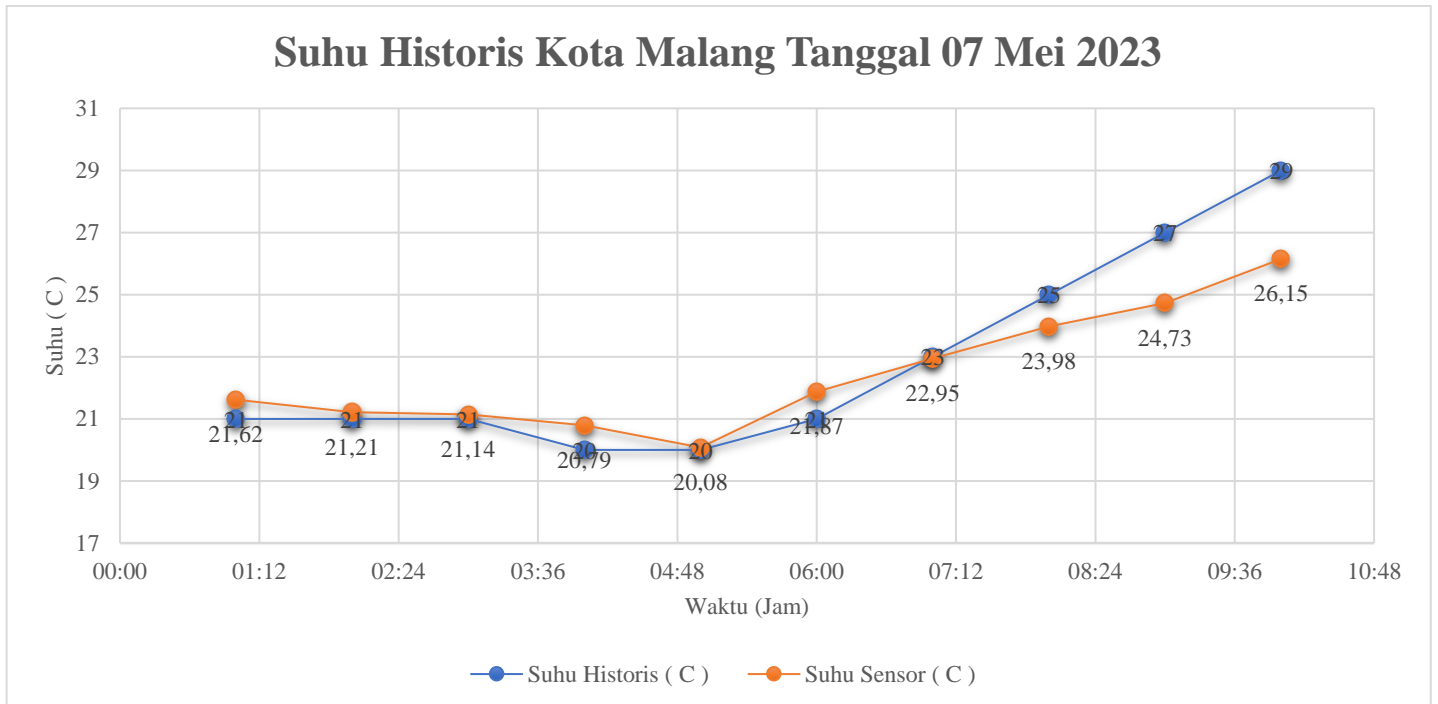
industri, dan peralatan rumah tangga. Validasi sensor suhu BMP280 bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tersebut memberikan pengukuran suhu yang akurat dan dapat diandalkan sesuai dengan spesifikasinya.

Validasi ini dilakukan berdasarkan data historis temperature udara kota Malang pada tanggal 7 Mei 2023 dari pukul 01:00 WIB – 10:00 WIB yang bersumber dari *website* <https://weather.com/>. Data suhu dari website tersebut dibandingkan dengan data sensor pada hari yang sama dan diperoleh data sebagai berikut;

Tabel 4.7 Data historis suhu kota Malang tanggal 07 Mei 2023

Data Historis Suhu kota Malang Tanggal 07 Mei 2023			
No.	Waktu (Jam)	Suhu Historis ( C )	Suhu Sensor ( C )
1	01:00	21,00	21,62
2	02:00	21,00	21,21
3	03:00	21,00	21,14
4	04:00	20,00	20,79
5	05:00	20,00	20,08
6	06:00	21,00	21,87
7	07:00	23,00	22,95
8	08:00	25,00	23,98
9	09:00	27,00	24,73
10	10:00	29,00	26,15

Dari table di atas dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan signifikan nilai suhu kota Malang antara data historis dengan hasil pembacaan sensor perbedaan paling signifikan tersebut dapat dilihat pada pukul 08:00 – 10:00 WIB dan apabila kedua data tersebut diplot maka akan terbentuk grafik sebagai mana berikut ini;



**Gambar 4.15** Grafik Perbandingan nilai suhu historis kota Malang dengan suhu sensor BMP280

Grafik di atas menggambarkan dengan jelas hasil pembacaan suhu oleh sensor BMP280 dibandingkan dengan suhu historis kota Malang pada tanggal 07 Mei 2023 berdasarkan *website* <https://weather.com/>. Dapat dilihat bahwa nilai suhu relatif stabil antara jam 01:00 – 05:00 WIB dan mulai naik beriringan dengan bertambahnya waktu pada pukul 07:00 WIB terjadi nilai kritis antara suhu historis dengan suhu sensor di mana setelah jam 07:00 suhu bacaan sensor bergerak lebih lambat dibandingkan dengan suhu historis, perlambatan ini kemungkinan besar dikarenakan sensor diletakkan di dalam ruangan pada saat proses pengambilan data sampel.

Berdasarkan data yang ditunjukkan table 4.7 dapat dikalkulasi untuk menentukan nilai *error* dari sensor dibandingkan dengan data historis suhu kota Malang proses kalkulasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan;

$$Error \% = \left( \frac{\Delta t}{\text{suhu sebenarnya}} \right) \times 100 \dots\dots\dots (4.2)$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut maka diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar;

Tabel 4.8 Rata-rata nilai *error* sensor suhu BMP280

Rata-rata Nilai Error Sensor BMP280					
No.	Waktu (Jam)	Suhu Historis ( C )	Suhu Sensor ( C )	Perbedaan Suhu	<i>Error</i> (%)
1	01:00	21,00	21,62	0,62	2,95
2	02:00	21,00	21,21	0,21	1,00
3	03:00	21,00	21,14	0,14	0,66
4	04:00	20,00	20,79	0,79	3,95
5	05:00	20,00	20,08	0,08	0,40
6	06:00	21,00	21,87	0,87	4,14
7	07:00	23,00	22,95	0,05	0,21
8	08:00	25,00	23,98	1,02	4,08
9	09:00	27,00	24,73	2,27	8,40
10	10:00	29,00	26,15	2,85	9,82
Rata-rata Error					3,56

Tabel 4.8 di atas menampilkan hasil kalkulasi nilai *error* dari sensor suhu BMP280 dibandingkan dengan data suhu historis kota Malang dari *website* <https://weather.com/>. Dalam menentukan nilai *error* pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai perbedaan suhu dengan cara mengurangi suhu sensor dengan suhu historis setelah nilai perbedaan suhu diketahui maka Langkah selanjutnya adalah dengan membagi nilai perbedaan suhu dengan nilai suhu sensor kemudian hasil pembagian tersebut dikali dengan nilai 100 %, langkah terakhir adalah merata-rata nilai *error* dari setiap data dan diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar 3.57 %.

Niali akurasi dari sensor suhu BMP280 dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini;

$$Akurasi = 100\% - Error\% \dots\dots\dots (4.3)$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka dapat diketahui nilai akurasi dari sensor suhu BMP280 adalah sebesar 96.43 %.

#### 4.3.2 Validasi Sensor MQ-135 Gas CO<sub>2</sub>

Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas-gas tertentu di udara. Sensor ini sering digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya seperti amonia (NH<sub>3</sub>), karbon monoksida (CO), benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), toluena (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), dan gas lainnya. Validasi sensor MQ-135 adalah proses untuk memverifikasi atau mengonfirmasi keandalan dan akurasi sensor MQ-135 dalam mendeteksi dan mengukur konsentrasi gas yang diinginkan.

Tabel 4.9 Nilai Konsentrasi CO<sub>2</sub> berdasarkan Moana Loa *Observatory*

CO2 Weekly Moana Loa <i>Observatory</i>			
Year	Month	Day	CO2 (ppm)
2023	4	30	423.98
2023	5	7	424.29
2023	5	14	423.39
2023	5	21	423.91

Data di atas adalah rata-rata data konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di udara mingguan berdasarkan Moana Loa *Observatory* yang terletak di Hawaii data tersebut dapat



diakses melalui laman resmi observatorium <https://gml.noaa.gov/>, dan berikut adalah data pembacaan sensor MQ-135 pada tanggal-tanggal tersebut;

Tabel 4.10 Data sample CO<sub>2</sub> sensor MQ-135

No.	Tanggal	CO <sub>2</sub> (ppm)
1	30/04/2023	423,26
2	07/05/2023	428,48
3	14/05/2023	423,53
4	21/05/2023	423,57

Data dari table 4.9 dan table 4.10 dibandingkan dan dikalkulasikan dengan menggunakan persamaan 4.2 maka akan diperoleh hasil sebagaimana berikut;

Tabel 4.11 Rata-rata *error* sensor MQ-135 dalam membaca konsentrasi gas CO<sub>2</sub>

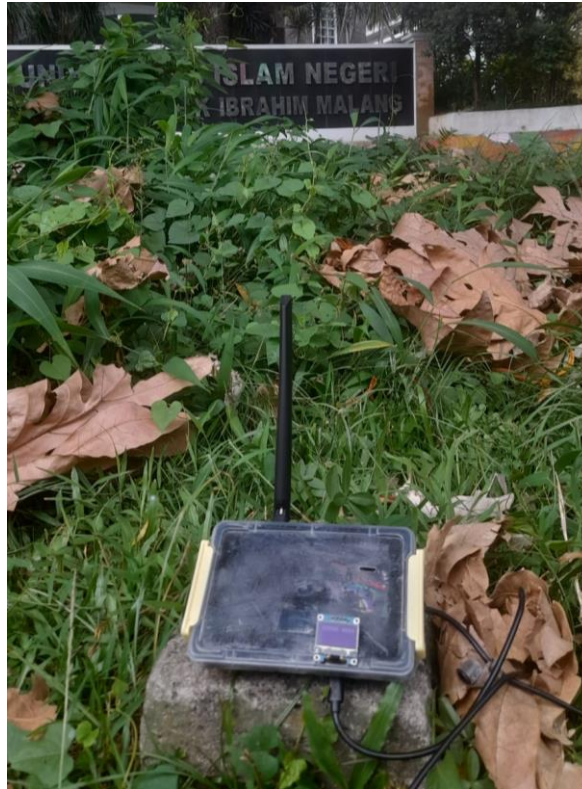
Rata-rata Error Sensor MQ-135 pembacaan Gas CO <sub>2</sub>					
No	Tanggal	Moana Loa	MQ- 135	Perbedaan Konsentrasi	Error (%)
1	30/04/2023	423,98	423,26	0,72	0,16
2	07/05/2023	424,29	424,48	0,19	0,04
3	14/05/2023	423,39	423,53	0,14	0,03
4	21/05/2023	423,91	423,57	0,34	0,08
Rata-rata Error					0,08

Dari data pada table 4.11 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai error untuk sensor MQ-135 dalam membaca konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di udara antara data dari sensor MQ-135 dengan data historis dari Moana Loa *Observatory* sangat kecil

yakni sekitar 0.081 %, jika berdasarkan persamaan 4.3 maka nilai akurasi dari pembacaan sensor MQ-135 terhadap gas CO<sub>2</sub> di udara adalah sebesar 99.91 % nilai ini sangat baik artinya sensor sangat sensitive terhadap gas CO<sub>2</sub> dan sesuai dengan pembacaan sensor yang terletak di Moana Loa *Obsevatory*.

#### **4.4 Pengambilan dan Pengolahan Data Penelitian**

Monitoring pola interferensi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> untuk mengetahui tingkat polusi udara efek dari gas rumah kaca di area UIN Malang, yang juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh polusi udara terhadap suhu dan tekanan udara di sekitar UIN Malang. Lokasi pengambilan data ini bertempat di sungai depan Gedung rektorat UIN Malang proses pengambilan data ini berlangsung selama 5 hari dimuali dari tanggal 20 Mei 2023 – 24 Mei 2023, pengambilan data tersebut menggunakan selang waktu selama 1 jam atau dalam 1 jam sekali perangkat ini mengambil data dari sensor BMP280 dan MQ135.



**Gambar 4.16** Pengambilan data suhu dan tekanan udara serta konsentrasi gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{CO}_2$  di udara.

Gambar di atas menunjukkan perangkat LoRa transmitter yang dilengkapi dengan sensor BMP280 dan MQ-135 terlihat perangkat tersebut diletakkan di halaman depan Gedung rektorat UIN Maulana Malik Ibrahim dengan detail kondisi disekitar perangkat adalah sebuah sungai disebelah barat perangkat, dan jalan raya di sebelah timur perangkat, sedangkan di sisi atas alat tertutup dengan atap dan dedaunan pohon bringin yang lebat sehingga perangkat tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

Penempatan perangkat dengan detail tersebut ditujukan supaya dapat memantau perubahan gas  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{CO}_2$  di udara akibat aktivitas manusia, seperti asap rokok dan kendaraan bermotor serta tertutup dengan atap agar apabila

terjadi hujan perangkat tersebut tidak basah sehingga menyebabkan kerusakan pada perangkat tersebut.

#### 4.12 Batas ambang pekat gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>

Gas	Batas Ambang Pekat (TLV-TWA)
NH <sub>3</sub> (amonia)	25 ppm selama 8 jam kerja
CO	25 ppm selama 8 jam kerja
CO <sub>2</sub>	5,000 ppm selama 8 jam kerja

Batas Ambang Pekat (*Threshold Limit Value-TWA*) adalah nilai ambang yang didefinisikan untuk mengindikasikan paparan maksimum yang diizinkan terhadap zat kimia tertentu di lingkungan kerja selama periode waktu tertentu, umumnya 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Nilai ini ditetapkan oleh organisasi seperti *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) dan digunakan sebagai acuan untuk menentukan tingkat paparan yang dapat diterima untuk kesehatan dan keselamatan manusia.

Batas Ambang Pekat (TWA) ini didasarkan pada penelitian ilmiah, pengamatan epidemiologi, dan pertimbangan toksikologi untuk zat-zat kimia tertentu. Nilai batas ambang ini ditetapkan dengan mempertimbangkan efek jangka panjang dan jangka pendek dari paparan terhadap kesehatan manusia. Penggunaan batas ambang pekat ini membantu mengendalikan risiko paparan zat berbahaya di tempat kerja dan melindungi kesehatan pekerja.

Penting untuk mengikuti dan mematuhi batas ambang pekat yang ditetapkan untuk zat-zat kimia tertentu dalam lingkungan kerja guna menjaga kesehatan dan

keselamatan pekerja serta mencegah dampak negatif jangka panjang akibat paparan yang berlebihan.

Tabel 4.13 Data hasil penelitian sensor suhu

Suhu ( °C )					
Waktu	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	22/05/2023	22/05/2023
00:00	21,07	19,93	21,62	23,6	22,48
01:00	21,21	23,10	20,08	22,95	22,32
02:00	20,79	19,28	19,15	22,76	22,10
03:00	20,41	18,82	18,82	22,58	21,14
04:00	22,26	20,65	20,65	22,2	21,74
05:00	24,21	21,66	21,66	22,46	21,87
06:00	23,98	22,67	22,67	22,87	22,47
07:00	23,76	23,12	23,12	22,82	21,75
08:00	23,54	23,20	23,20	23,33	22,19
09:00	23,32	23,28	23,28	23,41	23,29
10:00	23,10	23,36	23,36	23,55	21,02
11:00	22,88	23,44	23,44	23,69	22,72
12:00	22,66	23,52	23,52	23,72	24,08
13:00	22,44	23,60	23,60	23,96	24,25
14:00	22,22	23,68	23,68	24,82	24,20
15:00	22,00	25,75	25,75	25,16	24,32
16:00	21,78	26,02	26,02	26,15	24,19
17:00	20,86	24,36	24,36	24,73	24,16
18:00	24,04	24,21	24,21	24,17	23,80
19:00	23,82	23,89	23,89	24,22	23,22
20:00	23,60	24,48	23,90	23,22	23,99
21:00	23,38	24,31	23,89	23,31	23,46
22:00	23,16	21,90	23,88	23,89	23,14
23:00	22,94	21,85	23,71	23,39	23,14

Tabel 4.14 data hasil penelitian sensor tekanan udara

Data Tekanan Udara (mbar)					
	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023
00:00	1013,62	1016,55	1014,24	1017,36	1014,4
01:00	1012,80	1016,03	1013,45	1017,03	1015,32
02:00	1012,70	1016,44	1013,64	1016,00	1015,66
03:00	1012,55	1016,73	1016,73	1016,42	1015,89
04:00	1015,56	1016,94	1016,94	1016,41	1015,95
05:00	1015,33	1016,79	1016,79	1016,52	1017,41
06:00	1015,87	1016,84	1016,84	1017,00	1017,80
07:00	1015,98	1016,97	1016,97	1017,23	1018,33
08:00	1016,06	1017,05	1017,05	1017,10	1018,46
09:00	1016,14	1017,12	1017,12	1017,07	1018,23
10:00	1016,21	1017,20	1017,20	1017,05	1018,30
11:00	1016,29	1017,28	1017,28	1017,08	1017,90
12:00	1016,37	1017,35	1017,35	1014,60	1017,19
13:00	1016,45	1017,43	1017,43	1014,43	1016,78
14:00	1016,52	1017,51	1017,51	1014,27	1016,85
15:00	1016,60	1014,01	1014,01	1014,16	1016,97
16:00	1016,67	1014,35	1014,35	1011,46	1010,13
17:00	1015,21	1015,77	1015,77	1012,16	1010,38
18:00	1016,40	1016,41	1016,41	1012,70	1011,31
19:00	1016,48	1017,67	1017,67	1012,99	1012,40
20:00	1016,56	1017,39	1017,82	1014,51	1013,16
21:00	1016,63	1017,58	1017,83	1014,75	1013,14
22:00	1016,71	1014,73	1017,81	1014,76	1013,33
23:00	1016,79	1014,54	1017,76	1014,37	1012,57

Tabel 4.15 Data hasil penelitian sensor gas NH<sub>3</sub>

Konsentrasi Gas NH <sub>3</sub> di udara (ppm)					
	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023
00:00	4,71	4,68	4,7	4,72	4,73
01:00	4,35	4,32	4,35	4,38	4,40
02:00	5,22	5,18	5,15	5,12	5,15
03:00	4,39	4,43	4,41	4,39	4,37
04:00	3,74	3,78	3,80	3,82	3,80
05:00	4,17	4,14	4,12	4,14	4,17
06:00	3,32	3,36	3,39	3,36	3,38
07:00	3,54	3,51	3,49	3,47	3,49
08:00	3,94	3,92	3,90	3,92	3,89
09:00	5,15	5,12	5,10	5,08	5,10
10:00	5,18	5,20	5,18	5,20	5,18
11:00	4,41	4,39	4,42	4,40	4,43
12:00	4,46	4,50	4,48	4,50	4,48
13:00	3,76	3,73	3,71	3,73	3,75
14:00	4,15	4,19	4,21	4,19	4,21
15:00	4,09	4,11	4,13	4,15	4,13
16:00	4,12	4,09	4,06	4,03	4,01
17:00	4,08	4,11	4,14	4,16	4,18
18:00	4,14	4,18	4,20	4,22	4,24
19:00	4,87	4,9	4,88	4,86	4,88
20:00	4,92	4,89	4,87	4,85	4,83
21:00	4,22	4,25	4,23	4,26	4,28
22:00	4,49	4,47	4,45	4,43	4,41
23:00	4,58	4,55	4,58	4,56	4,54

Tabel 4.16 Data hasil penelitian sensor gas CO

Konsentrasi Gas CO di udara (ppm)					
	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023
00:00	4,51	4,55	4,52	4,5	4,48
01:00	3,98	5,34	5,31	5,28	5,3
02:00	5,31	5,34	5,37	5,39	5,37
03:00	4,03	4,06	4,08	4,12	4,15
04:00	3,12	3,10	3,08	3,06	3,08
05:00	3,71	3,68	3,71	3,68	3,65
06:00	2,59	2,57	2,55	2,58	2,56
07:00	2,86	2,83	2,86	2,89	2,86
08:00	3,39	3,41	3,38	3,35	3,32
09:00	5,20	5,18	5,20	5,22	5,20
10:00	5,25	5,23	5,26	5,24	5,27
11:00	4,07	4,09	4,06	4,09	4,07
12:00	4,14	4,12	4,15	4,12	4,16
13:00	3,15	3,13	3,16	3,13	3,11
14:00	3,68	3,66	3,63	3,66	3,63
15:00	3,61	3,58	3,55	3,53	3,56
16:00	3,66	3,63	3,66	3,69	3,71
17:00	3,63	3,6	3,57	3,54	3,51
18:00	3,67	3,65	3,68	3,65	3,68
19:00	4,76	4,73	4,76	4,79	4,77
20:00	4,83	4,80	4,83	4,86	4,89
21:00	3,79	3,76	3,79	3,76	3,74
22:00	4,18	4,21	4,24	4,27	4,3
23:00	4,32	4,36	4,33	4,36	4,39



Tabel 4.17 Data hasil penelitian sensor gas CO<sub>2</sub>

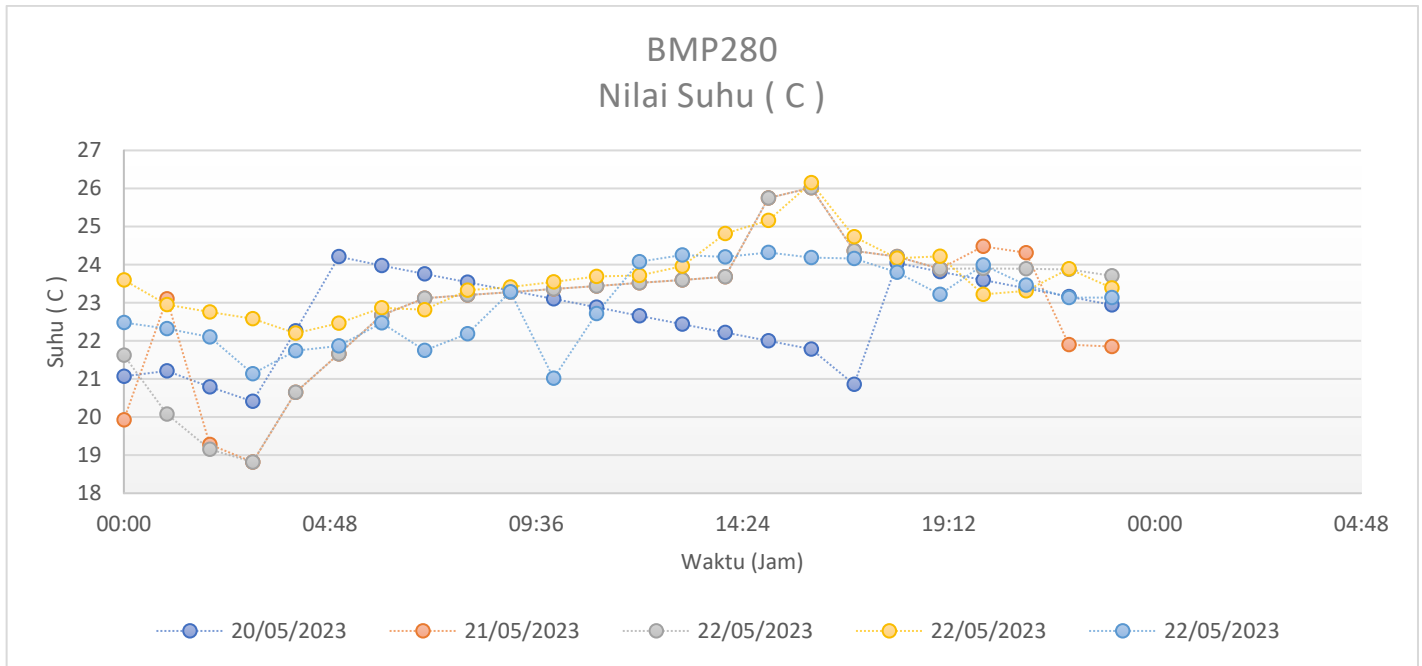
Konsentrasi Gas CO <sub>2</sub> di Udara					
Waktu	20/05/2023	21/05/2023	22/05/2023	23/05/2023	24/05/2023
00:00	426,14	426,19	426,22	426,20	426,20
01:00	425,87	425,90	425,92	425,90	425,90
02:00	426,53	426,50	426,49	426,48	426,48
03:00	425,89	425,92	425,93	425,94	425,94
04:00	425,40	425,41	425,43	425,45	425,45
05:00	425,72	425,70	425,73	425,76	425,76
06:00	425,10	425,12	425,15	425,13	425,13
07:00	423,26	423,28	423,30	423,28	423,28
08:00	423,55	423,57	423,55	423,53	423,53
09:00	424,48	424,50	424,51	424,52	424,52
10:00	424,50	424,51	424,52	424,50	424,50
11:00	425,91	425,92	425,91	425,93	425,93
12:00	425,95	425,97	425,99	425,97	425,97
13:00	425,42	425,44	425,46	425,45	425,45
14:00	425,72	425,75	425,77	425,75	425,75
15:00	425,65	425,67	425,7	425,68	425,68
16:00	425,63	425,6	425,62	425,6	425,6
17:00	425,63	425,65	425,67	425,69	425,69
18:00	425,71	425,73	425,75	425,73	425,73
19:00	426,26	426,29	426,32	426,3	426,3
20:00	426,3	426,32	426,34	426,32	426,32
21:00	425,76	425,78	425,8	425,82	425,82
22:00	425,97	426,01	426,04	426,06	426,06
23:00	426,04	426,07	426,1	426,08	426,08

## **4.5 Analisis Data Penelitian**

### **4.5.1 Analisis Data Suhu Sensor BMP280**

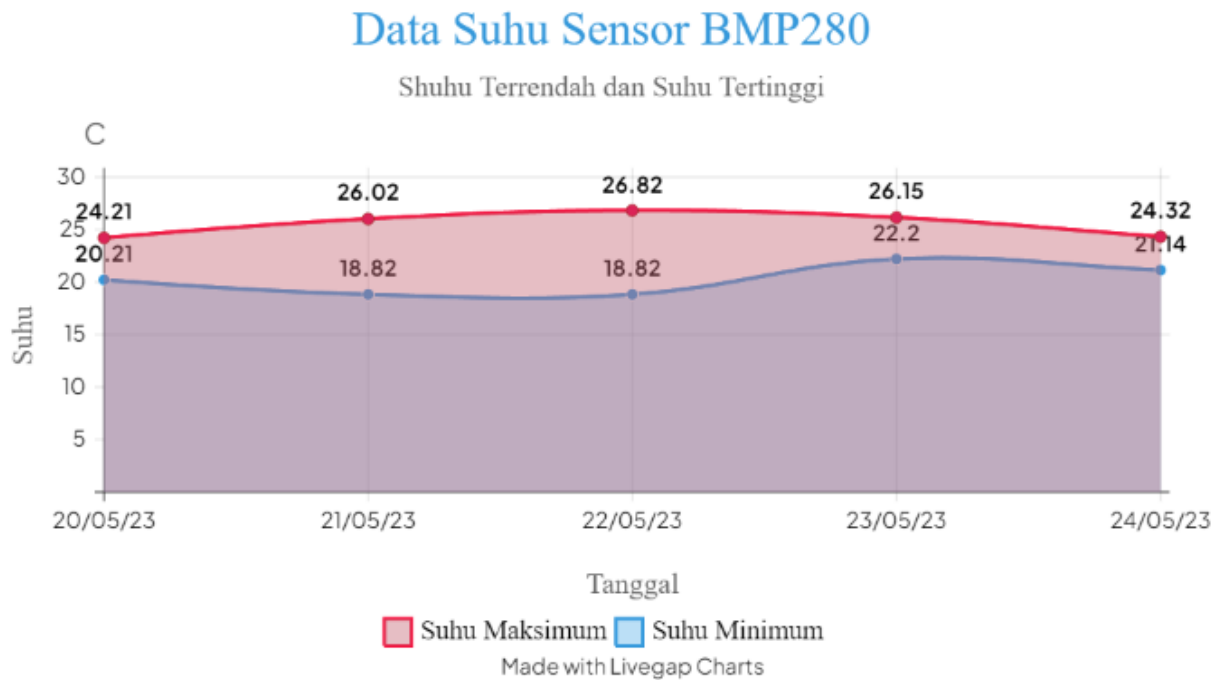
Berdasarkan data suhu sensor yang diberikan pada Tabel 4.13, terlihat bahwa suhu diukur setiap jam selama lima hari berurutan, mulai dari tanggal 20 Mei 2023 hingga 24 Mei 2023. Saat melihat grafik atau plot suhu seiring waktu, dapat dilihat bahwa ada fluktuasi harian yang terjadi. Namun, secara umum, terlihat bahwa suhu relatif stabil dalam kisaran 20-26 derajat Celsius selama periode ini. Selanjutnya, ketika melihat rata-rata suhu harian, dapat diketahui suhu rata-rata setiap hari. Hal ini memberikan gambaran umum tentang suhu yang biasa terjadi pada setiap tanggal. Selama lima hari yang diamati, suhu rata-rata berkisar antara 21-25 derajat Celsius. Terlihat ada peningkatan suhu dari 20 Mei hingga 22 Mei, diikuti oleh penurunan suhu pada 23 Mei, dan kembali naik pada 24 Mei.

Dalam melihat tren perubahan suhu harian, terlihat bahwa suhu cenderung mengalami fluktuasi yang signifikan dari hari ke hari. Ada kenaikan dan penurunan yang cukup tajam dalam beberapa jam tertentu, misalnya, pada pukul 15:00 WIB pada 21 Mei dan 22 Mei, suhu meningkat secara drastis menjadi 25-26 derajat Celsius. Namun, pada hari-hari lain, suhu tetap relatif stabil sepanjang hari dengan fluktuasi yang lebih kecil. Dalam analisis ini, dapat dilihat bahwa suhu selama periode lima hari tersebut memiliki variasi yang cukup signifikan. Meskipun suhu rata-rata berkisar dalam rentang yang relatif sempit, fluktuasi harian menunjukkan adanya perubahan yang mencolok. Hal ini dapat memberikan indikasi adanya faktor-faktor seperti perubahan cuaca atau lingkungan yang memengaruhi suhu di lokasi dan periode waktu tersebut.



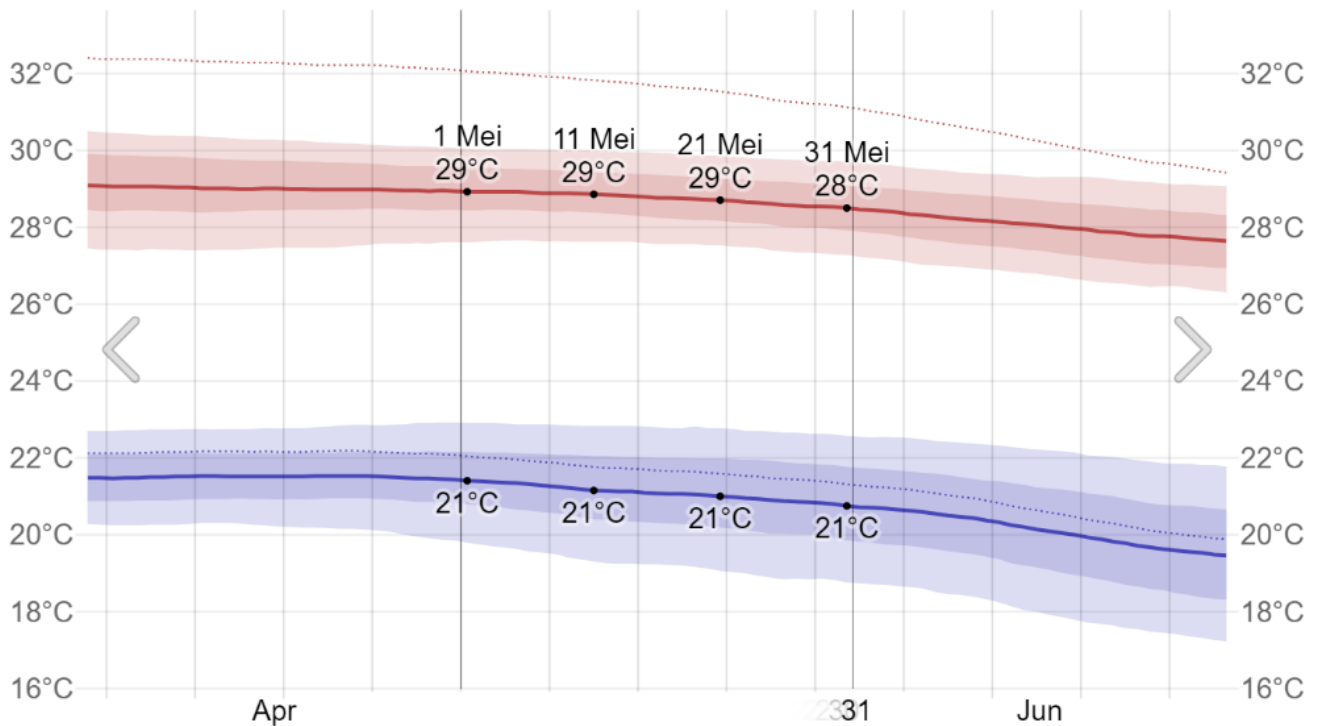
**Gambar 4.17** Nilai suhu tiap jam dalam 5 hari

Gambar 4.16 menunjukkan nilai suhu yang relatif stabil di kisaran 23-24 °C dan mulai mengalami penurunan nilai pada pukul 00.00 WIB menjadi 21.74 C dan mengalami puncaknya pada pukul 02.00-04.00 WIB di kisaran 20.81-21.10 °C Nilai suhu mulai naik Kembali pada pukul 05.00 WIB dan mulai relatif stabil pada pukul 06.00 WIB di kisaran 22 °C.



**Gambar 4.18** Nilai suhu terrendah dan tertinggi dalam 5 hari

Dilihat dari gambar 4.17 maka dapat dicari nilai rata-rata suhu terrendah dan tertingginya yaitu sebesar  $20,27\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan nilai rata rata suhu tertinggi sebesar  $25.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ . jika dibandingkan dengan data historis suhu kota malang rata-rata mingguan pada bulan Mei 2023 berdasarkan data dari website <https://id.weatherspark.com/> maka akan diperoleh grafik sebagaimana yang ditunjukkan gambar di bawah ini;



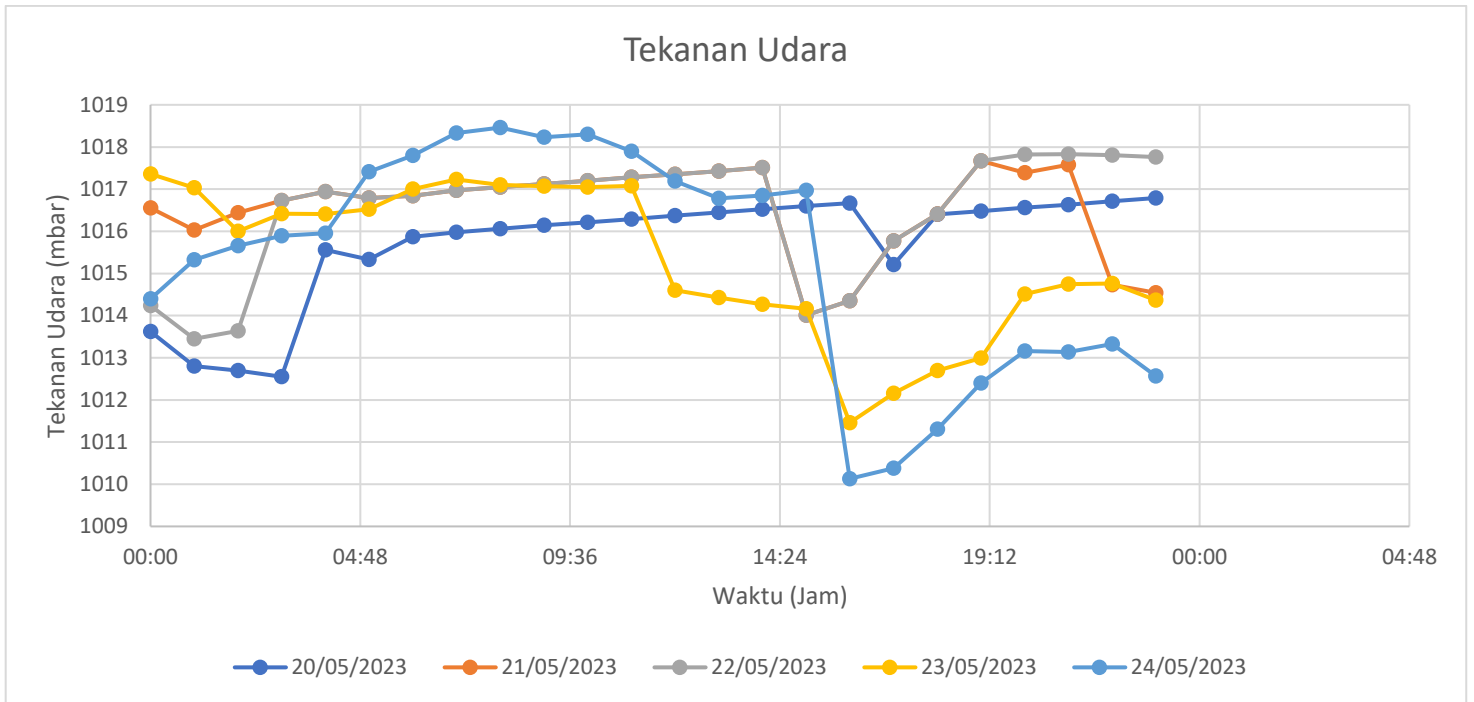
**Gambar 4.19** Rata-rata suhu terendah dan tertinggi tiap minggu di kota Malang  
(<https://id.weatherspark.com/>)

Dilihat dari gambar 4.18 maka diperoleh rata-rata suhu terendah sebesar 21 °C dan rata-rata suhu tertinggi sebesar 28.75 °C, jika dibandingkan dengan data yang dibaca oleh sensor BMP280 selama 5 hari maka akan diperoleh selisih sebesar 0.73 °C untuk rata-rata nilai suhu terendah dan sebesar 3.41 °C untuk rata-rata suhu tertinggi, terdapat perbedaan yang besar pada rata-rata suhu tertinggi antara data historis situs <https://id.weatherspark.com/> dengan hasil bacaan dari sensor BMP280 kemungkinan besar terjadi akibat peletakan sensor yang berda di tempat yang relatif sejuk dan terhidar dari paparan sinar matahari secara langsung.

#### **4.5.2 Analisis Data Tekanan Udara Sensor BMP280**

Berdasarkan data yang diberikan pada Tabel 4.14, dilakukan analisis terhadap perubahan tekanan udara sensor dalam beberapa hari terakhir. Pada tanggal 20 Mei 2023, tekanan udara sensor awalnya berada pada 1013.62 mbar dan meningkat sedikit menjadi 1016.55 mbar pada hari berikutnya. Namun, pada tanggal 22 Mei 2023, tekanan udara sensor turun menjadi 1014.24 mbar sebelum kembali naik menjadi 1017.36 mbar pada tanggal 23 Mei 2023 mbar. Pada hari terakhir dalam data yang diberikan, yaitu tanggal 24 Mei 2023, tekanan udara sensor kembali turun menjadi 1014.40 mbar. Selama periode waktu yang diamati, terlihat fluktuasi tekanan udara sensor yang relatif kecil. Pada jam tertentu, terdapat perubahan yang lebih signifikan dalam tekanan udara sensor. Misalnya, pada pukul 03:00 pada tanggal 23 Mei 2023, tekanan sensor mencapai nilai tertinggi 1016.73 mbar. Namun, pada jam-jam sebelumnya dan sesudahnya, fluktuasi tekanan udara sensor tidak terlalu besar.

Berdasarkan data ini, kita dapat melihat pola umum bahwa tekanan udara sensor cenderung berfluktuasi dalam rentang antara 1012 mbar hingga 1018 mbar selama periode waktu tersebut. Perubahan harian umumnya kecil, dengan sedikit perubahan signifikan yang terjadi pada jam-jam tertentu. Untuk analisis yang lebih mendalam atau penggunaan data ini dalam konteks tertentu, mungkin perlu informasi tambahan atau metode analisis yang lebih kompleks.



**Gambar 4.20** Nilai tekanan udara tiap jam dalam 5 hari

Data yang ditunjukkan gambar 4.20 memperlihatkan bahwasannya terjadi penurunan tekan udara yang signifikan sebesar 8.59 mbar dari pukul 14.00-16.00 WIB dan mulai naik kembali pada pukul 17.00 WIB jika dihubungkan dengan data rata-rata suhu tiap jam dalam 5 hari pada fenomena penurunan tekanan udara ini terjadi akibat dari nilai suhu yang naik dimana gambar 4.6 menunjukkan nilai suhu tertinggi terjadi pada pukul 16.00 WIB artinya nilai ini sesuai dengan teori yang ada, dimana persamaan matematis untuk tekanan gas ideal adalah;

$$PV = nRT \dots\dots\dots (4.4)$$

Jika dipindah ruas akan menjadi;

$$\frac{PV}{T} = \text{Konstan} \dots\dots\dots (4.5)$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa nilai P (tekanan udara) berbanding terbalik dengan nilai T (suhu) artinya semakin besar nilai suhu maka semakin kecil nilai tekanan udaranya, hal ini sesuai dengan fenomena alam yang terjadi dilapangan pada saat pengambilan data suhu dan cuaca.

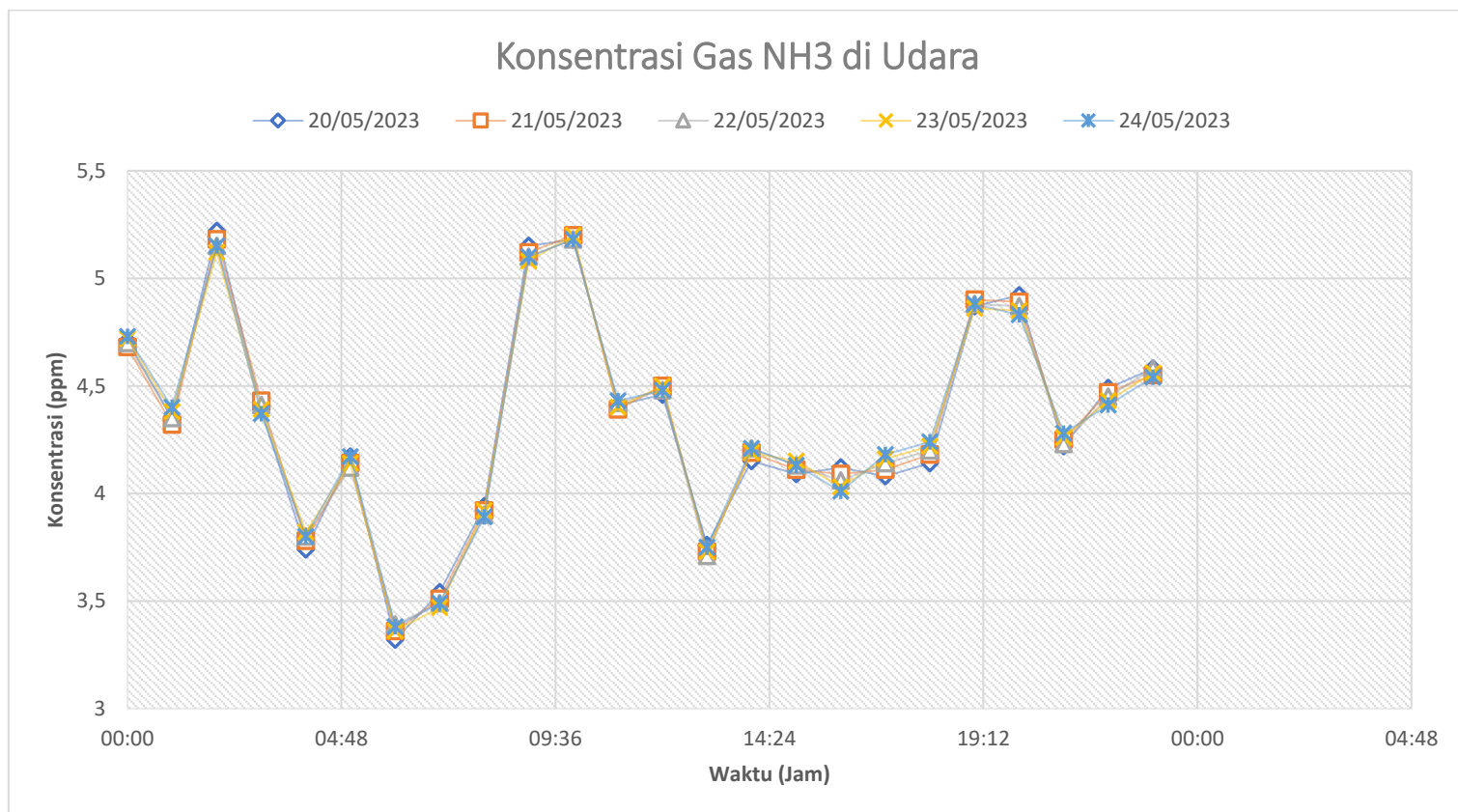
#### **4.5.3 Analisis Data Konsentrasi Gas NH<sub>3</sub> Sensor MQ-135**

Berdasarkan data yang diberikan pada tabel 4.15, dapat diamati perubahan konsentrasi gas NH<sub>3</sub> dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Pada hari pertama, konsentrasi NH<sub>3</sub> dimulai pada 4.14 dan cenderung meningkat hingga mencapai puncak pada jam 10:00 dengan konsentrasi 5.20 ppm. Namun, setelah itu, konsentrasi NH<sub>3</sub> cenderung menurun secara bertahap hingga mencapai 4.27 ppm pada jam 21:00 pada hari ke-5. Hal ini menunjukkan adanya fluktuasi dalam konsentrasi NH<sub>3</sub> selama periode lima hari tersebut. Selanjutnya, dapat dilihat bahwa konsentrasi NH<sub>3</sub> pada pagi hari (jam 06:00 - 09:00) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan periode lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti aktivitas manusia yang meningkat pada pagi hari atau penurunan produksi NH<sub>3</sub> di lingkungan pada jam-jam tersebut. Namun, perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengonfirmasi faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi tersebut.

Selain itu, pada jam 18:00 pada setiap hari, terlihat peningkatan konsentrasi NH<sub>3</sub> yang signifikan. Ini mungkin disebabkan oleh adanya aktivitas atau faktor lingkungan yang memicu produksi NH<sub>3</sub> pada waktu tersebut. Kemungkinan faktor-faktor tersebut antara lain proses industri atau penggunaan bahan kimia tertentu yang mempengaruhi konsentrasi NH<sub>3</sub> di udara seperti proses pembusukan sampah. Secara umum, data menunjukkan fluktuasi dalam konsentrasi gas NH<sub>3</sub> dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Perubahan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti



aktivitas manusia, pola cuaca, dan proses alami dalam lingkungan. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk memahami secara mendalam faktor-faktor yang berkontribusi terhadap perubahan konsentrasi  $\text{NH}_3$  ini dan dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.



**Gambar 4.21** Rata-rata nilai konsentrasi Gas  $\text{NH}_3$  di udara tiap jam

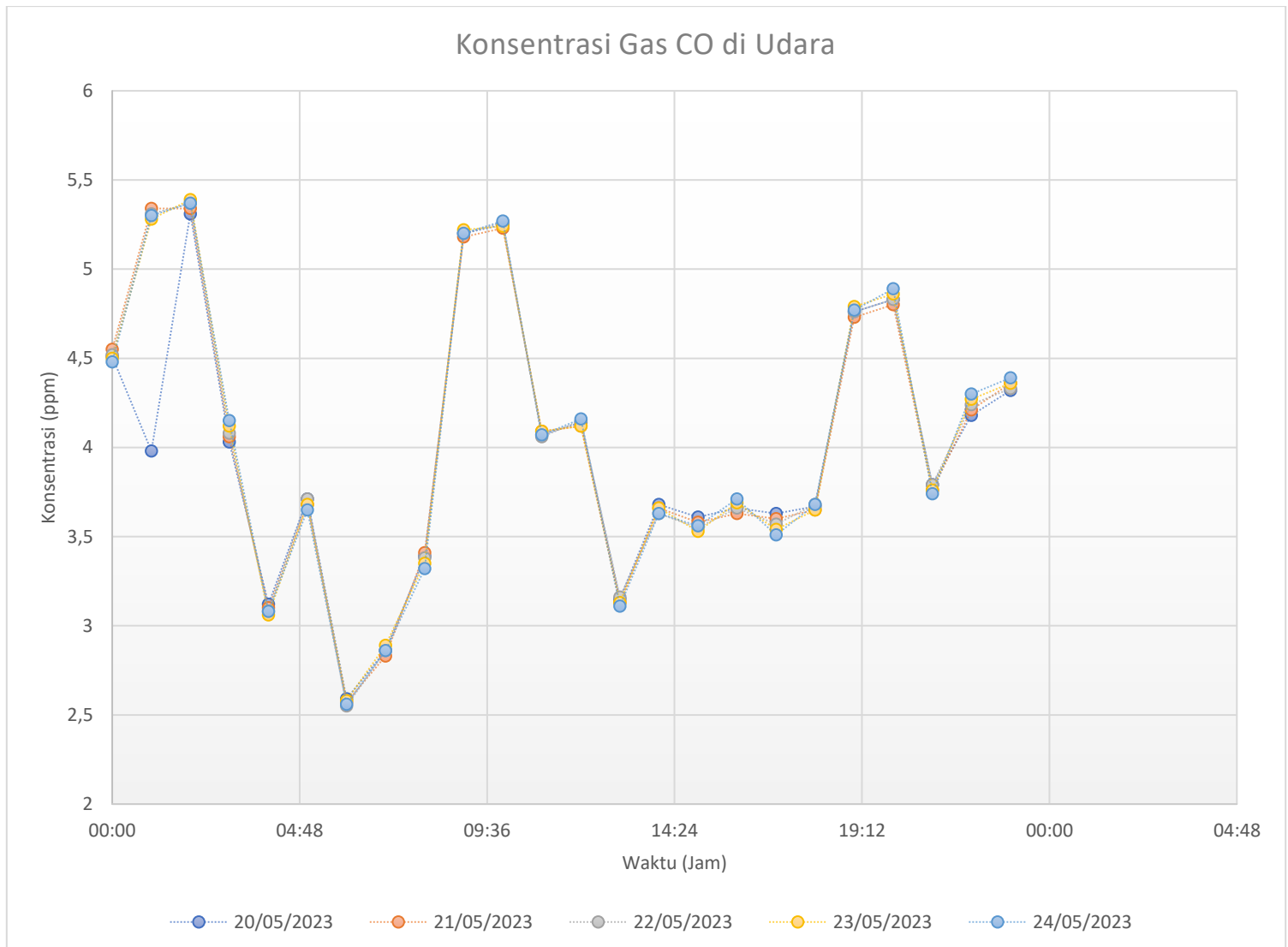
Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi gas  $\text{NH}_3$  maksimal berkisar di nilai 5.25 ppm nilai tersebut terbentuk tiga kali dalam satu hari yakni pukul 02:00 WIB dini hari dan pukul 09:00 – 10:00 WIB, kemudian nilai konsentrasi  $\text{NH}_3$  terendah berada pada titik 3.3 ppm nilai ini terbentuk pada pukul 04:00 dimana pada waktu itu sangat minim aktivitas manusia, dan nilai normal terjadi antara pukul 14:00 WIB sampai dengan 18:00 WIB dengan nilai konsentrasi sekitar 4.1 ppm sampai dengan 4.2 ppm.

#### 4.5.4 Analisis Data Konsentrasi Gas CO Sensor MQ-135

Berdasarkan data yang diberikan tabel 4.16, dapat dianalisis pola konsentrasi gas CO dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Pada awalnya, pada hari pertama, konsentrasi CO dimulai pada 4.51 ppm dan cenderung meningkat secara bertahap hingga mencapai puncak pada jam 09:00 dengan konsentrasi 5.20 ppm. Namun, setelah mencapai puncak tersebut, terjadi penurunan perlahan dalam konsentrasi CO hingga mencapai 4.36 ppm pada jam 16:00 pada hari ke-5. Pola ini menunjukkan fluktuasi dalam konsentrasi CO selama periode lima hari tersebut. Selanjutnya, terlihat bahwa konsentrasi CO pada malam hari (jam 22:00 - 05:00) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan periode lainnya. Hal ini mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia yang lebih sedikit pada malam hari, seperti penurunan lalu lintas kendaraan atau penurunan aktivitas industri. Faktor-faktor tersebut dapat berkontribusi terhadap penurunan emisi CO ke atmosfer pada jam-jam tersebut.

Pada siang hari, konsentrasi CO cenderung stabil dengan fluktuasi yang lebih kecil. Meskipun ada beberapa variasi dalam konsentrasi CO pada periode siang hari, perubahan tersebut tidak signifikan dan konsentrasi tetap relatif stabil dalam rentang antara 4.07 ppm hingga 4.21 ppm. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya faktor-faktor yang stabil dan konsisten selama periode siang hari, seperti pola lalu lintas yang konsisten atau aktivitas industri yang tidak bervariasi secara signifikan. Secara keseluruhan, data menunjukkan fluktuasi dalam konsentrasi gas CO dari hari ke-1 hingga hari ke-5. Perubahan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti aktivitas manusia, penggunaan kendaraan bermotor, dan pola cuaca. Penting untuk melakukan analisis lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi

fluktuasi konsentrasi CO ini, serta dampaknya terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia.



**Gambar 4.22** Rata-rata nilai konsentrasi Gas CO di udara tiap jam

Gambar 4.22 di atas menunjukkan bahwa nilai konsentrasi gas CO maksimal berkisar di nilai 5.3 ppm nilai tersebut terbentuk empat kali dalam satu hari yakni pukul 01:00 - 02:00 WIB dini hari dan pukul 09:00 – 10:00 WIB, kemudian nilai konsentrasi CO terendah berada pada titik 2.6 ppm nilai ini terbentuk pada pukul 06:00 WIB, dan nilai normal terjadi antara pukul 14:00 WIB sampai dengan 18:00

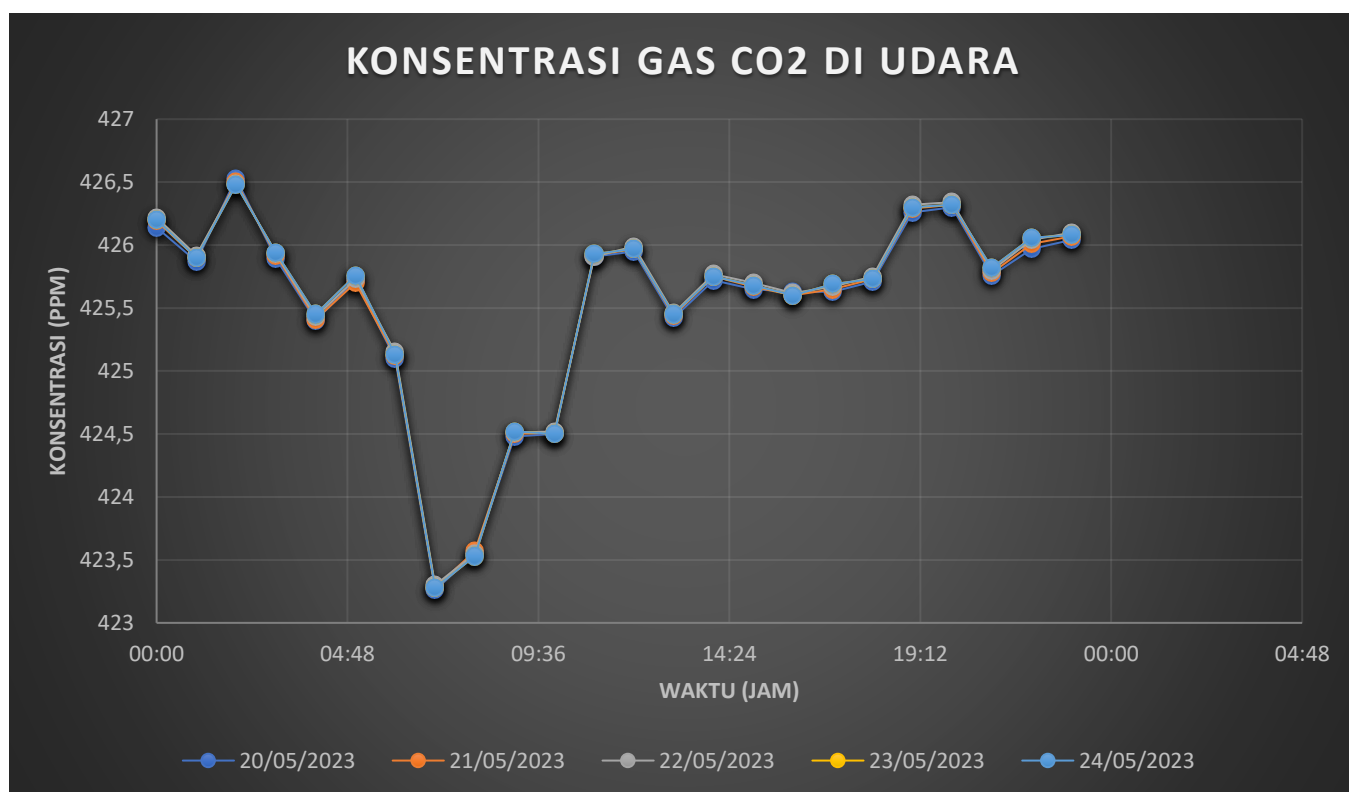
WIB dengan nilai konsentrasi sekitar 3.6 ppm sampai dengan 3.75 ppm, dari grafik tersebut juga diketahui pada tanggal 20 Mei 2023 terdapat perbedaan nilai konsentrasi dibandingkan dengan hari-hari setelahnya di mana pada tanggal 20 Mei 2023 pada pukul 01:00 WIB ini hari konsentrasi gas CO bernilai 4 ppm sedangkan data pada hari-hari berikutnya bernilai sekitar 5.3 ppm.

#### **4.5.5 Analisis Data Konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> Sensor MQ-135**

Berdasarkan data konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di udara yang diberikan pada table 4.17 di atas, dapat diamati bahwa nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> cenderung stabil selama rentang waktu yang diberikan. Rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> pada periode tersebut berada di sekitar 425,9 hingga 426,3 ppm (*parts per million*). Meskipun ada fluktuasi kecil dari waktu ke waktu, angka-angka ini menunjukkan tingkat konsentrasi yang relatif konstan. Pada rentang waktu tertentu, seperti pada tanggal 22 hingga 24 Mei, konsentrasi CO<sub>2</sub> tampaknya sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hari-hari sebelumnya. Namun, fluktuasi ini masih dalam rentang yang relatif kecil dan tidak menunjukkan tren signifikan dalam perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub>.

Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Namun, berdasarkan data yang diberikan, sulit untuk membuat kesimpulan definitif tentang tren jangka panjang terkait konsentrasi CO<sub>2</sub>. Diperlukan data yang lebih luas dan panjang periode waktu untuk mengidentifikasi tren jangka panjang dan efek dari berbagai faktor pengaruh. Penting untuk memantau konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara secara terus-menerus dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi dapat berkontribusi

pada pemanasan global dan perubahan iklim. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat dan pemerintah untuk bekerja sama dalam mengadopsi praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan guna mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan menjaga kualitas udara yang baik.



**Gambar 4.23** Nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara tiap jam

Grafik di atas menunjukkan nilai konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di udara nilai konsentrasi rata-rata CO<sub>2</sub> berada di kisaran 425 ppm dan nilai konsentrasi gas CO<sub>2</sub> maksimum sebesar 426.5 ppm terbentuk pada pukul 02:00 WIB dini hari kemudian untuk nilai konsentrasi gas CO<sub>2</sub> minimum terbentuk pada pukul 07:00 WIB dengan nilai sebesar 423 ppm dan mulai bergerak naik pada pukul 08:00 WIB serta normal pada pukul 14:00 WIB.

Tabel 4.18 Konsentrasi CO<sub>2</sub> global

<i>CO<sub>2</sub> Based on Global Laboratory Monitoring</i>				
Year	Month	Day	Smoothed	Trend
2023	5	20	421.16	418,91
2023	5	21	421.15	418,92
2023	5	22	421.14	418,93
2023	5	23	421.13	418,93
2023	5	24	421.12	418,94

Data Pada table di atas merupakan rata-rata data historis konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di udara secara global data tersebut bersumber dari *Global Monitoring Laboratory* data tersebut dapat diakses melalui laman resmi *Global Monitoring Laboratory* <https://gml.noaa.gov/>. Data tersebut berupa data pembandingan kasar diakrena terbatasnya alat serta sumber pangkalan data yang memantau serta mencatat nilai konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di kota Malang. Data di atas mencatat tingkat CO<sub>2</sub> global dalam satuan ppm (*parts per million*) pada tanggal 20 hingga 24 Mei 2023. Dalam kolom "*Smoothed*", terlihat bahwa tingkat CO<sub>2</sub> global pada tanggal tersebut bervariasi antara 421.16 ppm dan 421.12 ppm. Sementara itu, dalam kolom "*Trend*", terdapat estimasi tren rata-rata yang ditunjukkan oleh angka 418.91 hingga 418.94 ppm. Pertama, data ini mengindikasikan adanya peningkatan secara umum dalam tingkat CO<sub>2</sub> global seiring berjalannya waktu. Meskipun perbedaan antara angka-angka dalam kolom "*Smoothed*" mungkin terlihat kecil, peningkatan yang stabil selama beberapa hari menunjukkan bahwa tingkat CO<sub>2</sub> global terus meningkat secara bertahap.

Kedua, tren peningkatan CO<sub>2</sub> global yang terlihat dalam kolom "*Trend*" adalah hal yang perlu diperhatikan. Jika tren ini berlanjut, dapat memiliki konsekuensi yang serius terhadap perubahan iklim dan keseimbangan ekosistem bumi. Peningkatan CO<sub>2</sub> dapat menyebabkan pemanasan global, perubahan pola cuaca yang ekstrem, dan dampak negatif lainnya pada kehidupan manusia dan satwa liar.

Ketiga, penting untuk melihat data CO<sub>2</sub> global dalam konteks jangka waktu yang lebih panjang. Data hanya mencakup lima hari pada bulan Mei 2023, yang merupakan periode waktu yang singkat dalam konteks perubahan iklim jangka panjang. Analisis yang lebih komprehensif akan memerlukan data yang mencakup rentang waktu yang lebih luas dan lebih banyak informasi untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang tren dan pola CO<sub>2</sub> global.

Keempat, data ini juga menunjukkan perlunya tindakan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan menerapkan praktik berkelanjutan yang lebih baik di seluruh dunia. Langkah-langkah seperti penggunaan energi terbarukan, penghematan energi, dan peningkatan efisiensi dapat membantu mengurangi kontribusi manusia terhadap peningkatan CO<sub>2</sub> global. Kesadaran dan tindakan kolektif akan menjadi kunci dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang kompleks ini.

Tabel 4.19 Perbandingan Konsentrasi CO<sub>2</sub> global dan bacaan MQ-135

Perbandingan Rata-rata CO <sub>2</sub> Global dengan Hasil Bacaan Sensor MQ-135 (ppm)			
Date	Smoothed	Trend	MQ-135
20/05/2023	421,16	418,91	425,21
21/05/2023	421,15	418,92	425,53

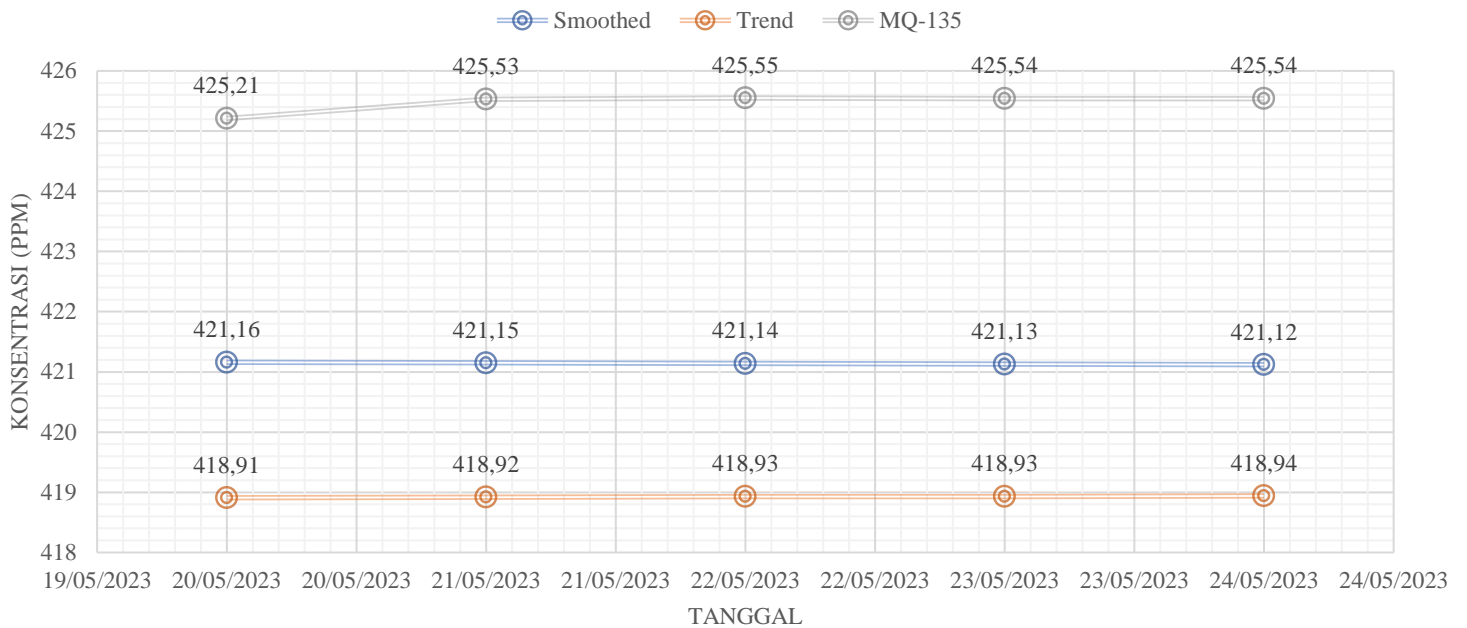
22/05/2023	421,14	418,93	425,55
23/05/2023	421,13	418,93	425,54
24/05/2023	421,12	418,94	425,54

Data di atas membandingkan tingkat rata-rata CO<sub>2</sub> global dengan hasil bacaan sensor MQ-135 dalam ppm pada tanggal 20 hingga 24 Mei 2023. Hasil bacaan sensor MQ-135 menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat CO<sub>2</sub> global yang tercatat dalam data. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh faktor seperti skala pengukuran yang berbeda antara tingkat CO<sub>2</sub> global dan hasil bacaan sensor MQ-135, serta adanya sumber-sumber CO<sub>2</sub> lokal yang mempengaruhi hasil bacaan sensor di lingkungan tertentu.

Analisis data ini menekankan pentingnya pemantauan dan pemahaman yang akurat terkait kualitas udara dan tingkat CO<sub>2</sub> di berbagai lingkungan. Meskipun hasil bacaan sensor MQ-135 memberikan informasi sejauh mana kualitas udara dalam lingkungan tertentu, data tingkat CO<sub>2</sub> global memberikan gambaran lebih luas tentang kondisi CO<sub>2</sub> secara keseluruhan di seluruh planet. Untuk mengatasi masalah perubahan iklim, diperlukan pemantauan yang tepat dan data yang akurat, serta tindakan yang efektif dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan menjaga kualitas udara yang sehat di semua tingkatan.



## KONSENTRASI CO<sub>2</sub> DI UDARA



**Gambar 4.24** Grafik konsentrasi CO<sub>2</sub> global dan hasil bacaan sensor MQ-135

Grafik diatas menjelaskan bahwa konsentrasi gas CO<sub>2</sub> berdasarkan data historis dari *Global Monitory Laboratory* membentuk pola garis liner dengan rata-rata pebedaan nilai yang relatif kecil yakni sebesar 0.01 ppm sedangkan berdasarkan grafik yang ditampilkan di atas nilai hasil pembacaan sensor MQ-135 membentuk pola garis naik antara tanggal 20 Mei 2023 dengan perbedaan konsentrasi sebesar 0.32 ppm dan relatif stabil antara tanggal 21 Mei 2023 – 24 Mei 2023 dengan rata-rata perbedaan konsentrasi sebesar 0.01 ppm

Tabel 4.20 Rata-rata error dan akurasi sensor MQ-135

Perbandingan Rata-rata CO <sub>2</sub> Global dengan Hasil Bacaan Sensor MQ-135							
Date	Smoothed	Trend	MQ-135	(MQ-Smoothed)	(MQ-Trend)	Error 1	Error 2
20/05/2023	421,16	418,91	425,21	4,05	6,30	0,96	1,50
21/05/2023	421,15	418,92	425,53	4,38	6,61	1,04	1,57
22/05/2023	421,14	418,93	425,55	4,41	6,62	1,04	1,58
23/05/2023	421,13	418,93	425,54	4,41	6,61	1,08	1,57
24/05/2023	421,12	418,94	425,54	4,42	6,60	1,04	1,57
Rata-rata Error (%)						1,02	1,56
Akurasi (%)						98,97	98,43

Berdasarkan data yang tercantum dalam tabel, dapat dilakukan analisis perbandingan antara rata-rata CO<sub>2</sub> global dengan hasil bacaan sensor MQ-135. Tabel tersebut juga menyajikan beberapa metrik evaluasi seperti smoothed CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> yang telah dirata-ratakan), trend CO<sub>2</sub> (tren CO<sub>2</sub>), bacaan sensor MQ-135, selisih antara bacaan MQ-135 dengan smoothed CO<sub>2</sub>, selisih antara bacaan MQ-135 dengan trend CO<sub>2</sub>, error 1, dan error 2.

Rata-rata error yang dihasilkan oleh sensor MQ-135 sebesar 1,02911% menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki tingkat ketepatan yang cukup tinggi dalam mengukur konsentrasi CO<sub>2</sub>. Error ini mengindikasikan selisih antara bacaan yang diberikan oleh sensor dengan nilai rata-rata CO<sub>2</sub> yang telah dirata-ratakan. Rata-rata error yang relatif rendah menunjukkan bahwa sensor MQ-135 dapat memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan dalam pengukuran CO<sub>2</sub>.

Akurasi sensor MQ-135 mencapai 98,97%, yang menggambarkan kemampuan sensor dalam memberikan hasil yang dekat dengan nilai sebenarnya. Akurasi ini dihitung dengan membandingkan bacaan sensor dengan nilai rata-rata

CO<sub>2</sub> yang telah dirata-ratakan. Dengan akurasi yang tinggi, sensor MQ-135 dapat digunakan sebagai alat yang efektif dalam memantau dan mengukur tingkat konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam lingkungan.

Dalam keseluruhan, berdasarkan data yang diberikan, sensor MQ-135 menunjukkan performa yang baik dalam mengukur CO<sub>2</sub>. Rata-rata error yang rendah dan tingkat akurasi yang tinggi memberikan keyakinan bahwa sensor ini dapat diandalkan dalam aplikasi pengukuran CO<sub>2</sub>. Penggunaan sensor ini dapat membantu dalam pemantauan kualitas udara, pengendalian emisi, dan pemahaman terhadap dampak perubahan CO<sub>2</sub> terhadap lingkungan. Namun, penting untuk dicatat bahwa analisis lebih lanjut dan pengujian yang lebih luas dapat diperlukan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh dari sensor MQ-135 ini.

#### **4.6 Integrasi Penelitian dengan Alquran dan Hadis**

Penelitian monitoring data cuaca dan pola konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> diudara ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh polusi udara akibat efek rumah kaca terhadap suhu dan tekanan udara di area UIN Malang, penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat dalam memonitoring data suhu dan pola konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub> yang mana tujuan jangka panjangnya dapat digunakan untuk memantau polusi udara akibat dari efek rumah kaca penelitian ini juga bertujuan untuk mengajak masyarakat dalam menjaga dan melestarikan lingkungan, yang mana perilaku menjaga dan melestarikan lingkungan termasuk perintah Allah kepada hamba-hambanya, hal ini sesuai dengan firman Allah dalam Alquran surah Al-A'raf ayat 56;

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

*Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. [Q.S. Al-A'raf (7): 56].*

Tafsir Jalalain menjelaskan ayat ini dengan mengatakan bahwa Allah SWT memerintahkan manusia untuk tidak berbuat kerusakan di bumi setelah Allah menciptakannya dalam keadaan baik dan sempurna. Manusia harus menjaga kelestarian alam dan tidak menyebabkan kerusakan, baik itu dalam bentuk perbuatan yang merusak lingkungan, menyebabkan pencemaran, atau pengeksploitasian secara berlebihan.

Ayat ini juga menunjukkan pentingnya berdoa kepada Allah dengan rasa takut dan harap. Manusia harus memohon petunjuk, bimbingan, dan keberkahan dari Allah dalam menjaga lingkungan dan mengambil langkah-langkah yang baik untuk melestarikannya. Allah menjanjikan bahwa rahmat-Nya sangat dekat bagi orang-orang yang berbuat baik dalam menjaga dan melestarikan lingkungan. Dengan kata lain, orang-orang yang bertindak dengan baik dan menjaga alam akan mendapatkan kasih sayang dan keberkahan Allah.

Tafsir Jalalain menjelaskan ayat ini dengan mengedepankan pentingnya menjaga alam dan menghindari kerusakan serta perlunya berdoa kepada Allah sebagai bentuk ketergantungan kita kepada-Nya dalam menjalankan tugas sebagai khalifah di bumi.

Kemudian nabi Muhammad SAW. Bersabda dalam hadis yang diriwayatkan oleh sahabat Jabir Ra. yang berbunyi;

عَنْ جَابِرٍ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا إِلَّا كَانَ مَا أَكَلَ مِنْهُ لَهُ صَدَقَةٌ وَمَا سُْرِقَ مِنْهُ لَهُ صَدَقَةٌ وَلَا يَزُؤُهُ أَحَدٌ إِلَّا كَانَ لَهُ صَدَقَةٌ إِلَى يَوْمِ الْقِيَامَةِ

Dari sahabat Jabir ra, ia berkata, Rasulullah saw bersabda, *'Tiada seorang muslim yang menanam pohon kecuali apa yang dimakan bernilai sedekah, apa yang dicuri juga bernilai sedekah. Tiada pula seseorang yang mengurangi buah (dari*

*pohon)nya melainkan akan bernilai sedekah bagi penanamnya sampai hari Kiamat”.*

Dari hadis di atas dapat diketahui bahwasannya nabi Muhammad sangat menghargai setiap perilaku umatnya, dibuktikan dengan perilaku menanam pohon yang mungkin hanya dipandang sebelah mata tapi oleh nabi Muhammad perilaku tersebut dapat bernilai sedekah, dari sudut pandang sains penanaman pohon ini merupakan sebuah bentuk perilaku pelestarian lingkungan yang mana jika dihubungkan dengan penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwasannya menjaga dan melestarikan lingkungan adalah hal yang sangat penting walaupun dengan perilaku sederhana sebagai mana hadis di atas yaitu menanam pohon.

Dalam bidang sains diyakini bahwa tumbuh-tumbuhan adalah salah satu produsen gas  $O_2$  yang mana gas  $O_2$  ini adalah senyawa yang dibutuhkan manusia untuk bernapas, selain itu dari hasil fotosintesis yang produk utamanya adalah gas  $O_2$  dapat berreaksi ion Oksigen akan menghasilkan  $O_3$  (ozon) yang mana ozon adalah salah satu lapisan di atmosfer yang menjaga bumi dari efek rumah kaca, jadi dengan menanam pohon dapat mengurangi tingkat polusi udara penyebab efek rumah kaca.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dalam konteks penelitian ini, hasil-hasil yang diperoleh memberikan wawasan yang berharga tentang topik yang diteliti. Dari analisis yang mendalam, temuan-temuan tersebut memberikan landasan yang kuat untuk membuat kesimpulan yang dapat mempengaruhi pemahaman dan perkembangan di bidang ini. Berikut adalah kesimpulan temuan-temuan utama dan uraian implikasi praktis serta arah penelitian masa depan yang dapat diambil dari penelitian ini;

1. Rancang bangun alat monitoring data cuaca (suhu dan tekanan) serta pola konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub> di udara membutuhkan dua buah sensor yang bekerja secara bedampingan sensor tersebut ialah BMP280 yang mampu membaca nilai suhu dan tekanan udara, sedangkan untuk pembacaan nilai konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub> menggunakan sensor MQ-135 kedua sensor tersebut membaca nilai variable yang kemudian dibaca oleh mikrokontrol ESP32 dalam bentuk ADC, kemudian nilai ADC ini dikonversi menjadi variable nilai suhu, tekanan udara, dan konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub> data yang telah dikonversi tersebut dikirim secara telemetri menggunakan modul LoRa 915 Mhz kemudian data yang ditransmisikan tersebut diterima oleh LoRa Receiver dan diproses melalui mikrokontrol ESP32 terakhir data tersebut ditampilkan dalam sebuah layar OLED SSD1306 dalam bentuk variable suhu, tekanan udara, dan konsentrasi gas NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>.

2. Dalam menentukan nilai *error* sensor BM280 pertama yang harus dilakukan adalah menentukan nilai perbedaaan suhu selanjutnya nilai tersebut dibagi dengan nilai suhu historis kemudian hasil pembagian tersebut dikali dengan nilai 100 %, terakhir *error* dirata-rata dari setiap data dan diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar 3.57 %. Dari nilai *error* tersebut maka dapat diketahui bahwa nilai akurasi dari sensor BMP280 dalam penelitian ini adalah sebesar 96.43 % Sedangkan nilai akurasi sensor MQ-135 mencapai 98,97%, yang menggambarkan kemampuan sensor dalam memberikan hasil yang dekat dengan nilai sebenarnya. Akurasi ini dihitung dengan membandingkan bacaan sensor dengan nilai rata-rata CO<sub>2</sub> yang telah dirata-ratakan. Dengan akurasi yang tinggi, sensor MQ-135 dapat digunakan sebagai alat yang efektif dalam memantau dan mengukur tingkat konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam lingkungan.

## 5.2 Saran

Dalam menghadapi tantangan penelitian ini, beberapa saran penting dapat diberikan untuk pengembangan studi masa depan. Pertama, direkomendasikan untuk melibatkan sampel yang lebih banyak dalam penelitian ini guna memperkuat validitas dan generalisabilitas hasil. Selanjutnya, penting untuk memperhatikan faktor-faktor kontribusi atau pengaruh yang mungkin terlewatkan dalam penelitian ini, yang dapat mempengaruhi hubungan antara variabel yang diteliti. Terakhir, diharapkan adanya replikasi penelitian ini oleh peneliti lain untuk memverifikasi dan memperluas temuan yang diperoleh. Dengan memperhatikan saran-saran ini, penelitian ini dapat menjadi landasan yang lebih kokoh dan relevan bagi penelitian lanjutan di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adelantado, F. et al., 2017. *Understanding the Limits of LoRaWAN*. IEEE. B., P.H.
- Al-Mundziri, Zakiyuddin Abdul Azhim. (1998). *At-Tarhib wa Tarhib minal Haditsisy Syarif. Beirut. Darul Fikr (III)*; 304
- Alam, B. M. M., Islam, M. S., Rahman, M. S., & Hossain, M. S. (2019). *Performance Evaluation of ESP32 and ESP8266 for IoT Applications*. 2019 4th International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), 1-6. doi: 10.1109/EICT45768.2019.9065020
- Banzi, M. (2019). *Getting Started with ESP32: Programming ESP32 with Arduino IDE*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Bhawiyuga, A. et al., 2019. *LoRa-MQTT Gateway Device for Supporting Sensorto-Cloud Data Transmission in Smart Aquaculture IoT Application*. *International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)*.
- Bhawiyuga, A. & Yahya, W., 2018. *MA LPWAN based Wireless Sensor Node for Aquaculture Water Quality Monitoring System*. IEEE.
- Bobo Khoerun, A. U. (2019). *Pengaruh Variasi Suhu Laminating Waktu Ultrasonic Cleaning, Kecepatan Rotasi Spin Coating Terhadap Karakterisasi Organic Lightemitting Diode (Oled)*. JTT (Jurnal Teknologi Terapan), 72-77.
- Chen, J., Feng, Y., & Wu, J. (2016). *Research on control technology of NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> and CO emissions from stationary sources*. *Air Pollution Control Technology*, 2(2), 39-45.
- Denning, P. J., & White, J. A. (2003). *Noise Reduction Techniques for Communication Systems*. *Proceedings of the IEEE*, 91(8), 1273-1282.
- Desai, P. (2018). *Arduino Programming with Python, IoT, and Machine Learning*. Packt Publishing.
- Devi, V. R., & Swaminathan, M. (2018). *Gas sensing properties of MQ-135 sensor for monitoring air quality*. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 7(4), 3677-3681.



- Gopinath, P., Gupta, M., & Rajkumar, R. (2021). *A Review of the BMP280 Sensor and Its Applications*. International Journal of Recent Technology and Engineering, 9(3), 3905-3911.
- Hossain, A., Paul, S. K., & Islam, M. R. (2018). *MQ-135 Gas Sensor Based Air Quality Monitoring System*. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 8(12), 31-34.
- Johnson, M., Smith, J., & Davis, R. (2018). *A Comprehensive Study of Noise Spectral Density in Electronic Devices*. Journal of Electrical Engineering, 45(2), 123-137.
- Khan, A. W., Bangash, J. & Abdullah, H., 2014. *Issues towards Efficient Time Synchronization in Wireless Sensor Networks*.
- Kim, D. H., Kim, J. Y., & Lee, H. K. (2019). *Gas detection system using MQ-135 gas sensor and deep learning for air quality monitoring*. Journal of Electrical Engineering and Technology, 14(4), 1478-1484.
- Kurniawan, A. (2018). *Arduino OLED Display Projects*. Packt Publishing Ltd.
- Kurniawan, A. (2019). *Getting Started with ESP32*. Birmingham: Packt Publishing.
- Liu, X., Zhang, L., & Zhang, X. (2021). *Design of an intelligent meteorological station based on the BMP280 sensor*. Journal of Physics: Conference Series, 1926(1), 012042. doi: 10.1088/1742-6596/1926/1/012042
- Madhow, U. (2014). *Introduction to Communication Systems*. Cambridge University Press.
- Manahan, S. E. (2017). *Environmental Chemistry*. CRC Press.
- M. Z. A. Abdullah, M. R. Hashim, A. R. Ahmad, M. A. N. Abdullah, and M. N. M. Salleh, "Calibration of MQ-135 Gas Sensor for Volatile Organic Compounds (VOCs) Monitoring," in IEEE Sensors Journal, vol. 17, no. 7, pp. 2057-2064, 1 April, 2017, doi: 10.1109/JSEN.2017.2672689.
- Singh, S. N., 2016. *Security Issues In Wireless Sensor Network: Current Research And Challenges*. Amity Institute of Information Technology.
- Smith, J., Johnson, M., Davis, R., & Anderson, L. (2019). *Performance Analysis of Frequency Modulation in Wireless Communication Systems*. IEEE Transactions on Wireless Communications, 18(7), 3625-3638.
- Tanugraha, Filbert Daniel. 2021. *Tampilan Data Teks Pada Oled Menggunakan Transmisi Lora*. Surabaya. Fakultas Teknologi Dan Informatika Universitas Dinamika.

- Tranter, W. H., Moher, M., Matuz, S. W., Rappaport, T. S., & Sengupta, S. (2003). *Principles of Communications Systems Modulation and Noise*. Wiley-Interscience.
- Wilson, L., Davis, R., Johnson, M., & Smith, J. (2018). *Frequency Modulation Techniques for Noise Reduction in Communication Systems*. *International Journal of Communication Systems*, 31(9), e3456.
- Zhou, Y., Zhou, W., Wang, Y., & Li, Y. (2020). *Design and Implementation of the OLED Display based on SSD1306 Driver Chip*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1659(1), 012027.
- Ziemer, R. E., & Tranter, W. H. (2016). *Principles of Communications: Systems, Modulation, and Noise*. John Wiley & Sons.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### Program Arduino

/\*Monitoring Data Cuaca (Suhu dan Tekanan Udara)  
Serta Pola Konsentrasi Gas NH3, CO, dan CO2  
Dengan Menggunakan BMP280 dan MQ-135  
Berbasis LoRa

FATHULLAH ARIFIN (16640070)

\*/

```
#include <LoRa.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <Adafruit_GFX.h>
```

```
#include <Adafruit_SSD1306.h>
```

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
```

```
#include <Adafruit_BMP280.h>
```

```
#include <MQUnifiedsensor.h>
```

```
#include "RTCLib.h"
```

```
#include "animasi.h"
```

```
#include "termo.h"
```

```
#define ss 5
```

```
#define rst 14
```

```
#define dio0 2
```

```
//Definitions
```

```
#define placa "Arduino UNO"
```

```
#define Voltage_Resolution 3.3
```

```
#define pin 4 //Analog input 0 of your arduino
```

```

#define type "MQ-135" //MQ135
#define ADC_Bit_Resolution 12 // For arduino UNO/MEGA/NANO
#define RatioMQ135CleanAir 3.6//RS / R0 = 3.6 ppm
//#define max_adc = 2**12 - 1
//#define mVolt = (sensor_Aout / max_adc) * Voltage_Resolution

//Declare OLED
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
//Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -
1);

//Declare Sensor
MQUnifiedsensor MQ135(placa, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, pin,
type);

Adafruit_BMP280 BMP;

RTC_DS3231 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday",
"Thursday", "Friday", "Saturday"};

String LoRaData;
int sensor_Aout = 0;
int counter = 0;
int Sensor_input = 4;
int kualitas_sinyal;
int Sq;
int LED = 13;
int BUZ = 12;
int convertToMillivolts;
int mVolt;

```

```

//int max_adc = 2**12 - 1
//int mVolt = (sensor_Aout / max_adc) * Voltage_Resolution

//Opening Logo AF7Star
const unsigned char AF7Star [] PROGMEM = {

//dengan 7
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfe, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfe, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x3f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x3f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,

```



0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x00, 0x02, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x3f, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfe, 0x0c, 0x3f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfe, 0x08, 0x3f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0x18, 0x00, 0x01, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0x18, 0x00, 0x07, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfc, 0x10, 0x00, 0x0f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x30, 0x00, 0x1f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x30, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf8, 0x20, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf0, 0x60, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf0, 0x61, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf0, 0x41, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xe0, 0xc1, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xe0, 0xc3, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xe0, 0x83, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,

0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xc0, 0x83, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,  
0xff, 0xff,





```

    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xfb, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xf7, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff
};

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(LED, OUTPUT); /*LED set as Output*/
  pinMode(BUZ, OUTPUT); /*BUZ set as Output*/

  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;);
  }

  display.clearDisplay();
  //display.drawBitmap(0, 0, HardyIndustriesLogo, 128, 64, WHITE);
  display.drawBitmap(0, 0, AF7Star, 128, 64, WHITE);
  display.display();
  delay(3000);

  delay(2000);

```

```
display.clearDisplay();  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(30, 10);  
display.println("LoRa SENDER");  
display.display();
```

```
delay(3000);  
display.clearDisplay();  
display.invertDisplay(true);  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(40, 10);  
display.println("Created by:");  
display.setTextSize(2.2);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(50, 30);  
display.println("AF7");  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(90, 55);  
display.setTextSize(1);  
display.cp437(true);  
display.write(64);  
display.println("2023");  
display.display();
```

```
delay(2000);  
display.invertDisplay(false);  
display.clearDisplay();  
opening();  
delay(1000);
```

```
while (! rtc.begin())
  Serial.println("RTC Initializing OK!");
  delay(1000);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(25, 0);
  display.println("RTC");
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(20, 10);
  display.println("Initializing OK!");
  display.display();
  delay(1000);

if (! rtc.begin()) {
  Serial.println("Couldn't find RTC");
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(true);
  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(5, 25);
  display.println("ERROR #004");
  display.display();
  tone(BUZ,1000);
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(false);
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(40, 0);
```

```
display.println("RTC Said: ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 30);
display.println("Could not find a ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 40);
display.println("valid DS3231 module,");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 50);
display.println("check wiring!");
display.display();
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
noTone(BUZ);
while (1);
}
```

```
bool status = BMP.begin(0x76);
Serial.println("BMP280 Initializing OK!");
  delay(1000);
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(false);
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(20, 0);
  display.println("BMP280");
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(20, 10);
  display.println("Initializing OK!");
  display.display();
if (!status) {
  Serial.println("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring!");
  delay(1000);
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(true);
  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(5, 25);
  display.println("ERROR #003 ");
  display.display();
  tone(BUZ,1000);
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(false);
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
```

```
display.setCursor(25, 0);
display.println("BMP280 Said: ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 30);
display.println("Could not find a ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 40);
display.println("valid BMP280 sensor,");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 50);
display.println("check wiring!");
display.display();
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    noTone(BUZ);
while (1);
```

```

}

while (!Serial);
Serial.println("LoRa Sender");

LoRa.setPins(ss, rst, dio0); //setup LoRa transceiver module

while (!LoRa.begin(915E6)) //433E6 - Asia, 866E6 - Europe, 915E6 - North
America
{
  Serial.println(".");
  delay(500);
}
LoRa.setSyncWord(0xA5);
Serial.println("LoRa Initializing OK!");
delay(2000);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 0);
display.println("LoRa");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 10);
display.println("Initializing OK!");
display.display();

if (!LoRa.begin(915E6)) {
  Serial.println("Could not find a valid LoRa, check wiring!");
  delay(1000);
  display.clearDisplay();
  display.invertDisplay(true);
}

```



```
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(5, 25);
display.println("ERROR #001");
display.display();
    tone(BUZ,1000);

delay(2000);
display.clearDisplay();
display.invertDisplay(false);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(30, 0);
display.println("LoRa Said: ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 30);
display.println("Could not find a ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(30, 40);
display.println("valid LoRa,");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 50);
display.println("check wiring!");
display.display();
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
```

```
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    noTone(BUZ);
    while (1);
}

delay(1000);

Serial.print("Calibrating please wait.");
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(25, 20);
display.print("Calibrating");
display.setCursor(25, 30);
display.print("Please Wait.");
display.display();
delay(2500);

float calcR0 = 0;
for(int i = 1; i<=10; i ++)
{
```

```
MQ135.update(); // Update data, the arduino will read the voltage from the  
analog pin
```

```
    calcR0 += MQ135.calibrate(RatioMQ135CleanAir);  
    Serial.print(".");  
  }  
MQ135.setR0(calcR0/10);  
Serial.println(" done!.");  
display.clearDisplay();  
display.setTextSize(2);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(30, 20);  
display.print("done!.");  
display.display();  
delay(2500);
```

```
if(isinf(calcR0)) { Serial.println("Warning: Conection issue, R0 is infinite (Open  
circuit detected) please check your wiring and supply"); //while(1);}
```

```
display.clearDisplay();  
display.invertDisplay(true);  
display.setTextSize(2);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(5, 25);  
display.println("ERROR #02A");  
display.display();  
tone(BUZ,1000);  
delay (2000);
```

```
display.clearDisplay();  
display.invertDisplay(false);  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);
```

```
display.setCursor(30, 0);
display.println("MQ-135 Said:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(42, 20);
display.println("Warning:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 30);
display.println("Conection issue,");
display.display();
//tone(BUZ,1000);
delay(3000);

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(18, 5);
display.println("[R0 is infinite]");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 20);
display.println("Open circuit detected");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(22, 30);
display.println("please check");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(10, 40);
display.println("wiring and supply");
display.display();
```

```
digitalWrite (LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH);
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
noTone(BUZ);
delay(3000);
while(1);}
```

```
if(calcR0 == 0){Serial.println("Warning: Conection issue found, R0 is zero
(Analog pin shorts to ground) please check your wiring and supply");//while(1);}
display.clearDisplay();
display.invertDisplay(true);
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(5, 25);
display.println("ERROR #02B");
display.display();
tone(BUZ,1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
delay (2000);
```

```
display.clearDisplay();
display.invertDisplay(false);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(30, 0);
display.println("MQ-135 Said:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(42, 20);
display.println("Warning:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 30);
display.println("Conection issue found");
display.display();
//tone(BUZ,1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
delay(3000);

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(22, 5);
display.println("[R0 is zero]");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(30, 20);
display.println("Analog pin");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(10, 30);
display.println("shorts to ground");
```

```
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(25, 40);
display.println("please check");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(10, 50);
display.println("wiring and supply");
display.display();
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);

noTone(BUZ);
delay(3000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
while(1);}

rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
```

```

display.display();
delay(2);
display.clearDisplay();

display.clearDisplay();
display.setTextColor(WHITE);
//display.startscrollright(0x00, 0x0F);
display.setTextSize(2);
display.setCursor(25,25);
display.print(" CLOCK ");
display.display();
delay(3000);
}

/***** MQ CALibration
*****/

// Serial.println ("***** Values from MQ-135
*****");

// Serial.println ("| CO | Alcohol | CO2 | Toluen | NH4 | Aceton |");
//Serial.println("| CO | Alcohol | CO2 | Toluen | NH4 | Aceton |");

void loop() {
  Serial.print(" ");
  Serial.print("          Ngirim Pesan: ");
  //Serial.print(".....");
  //sensor_Aout = analogRead(Sensor_input);
  Serial.println(counter);
  LoRa.beginPacket(); //Send LoRa packet to receiver
  LoRa.print("Total Packet: "); //message

```



```

LoRa.println(counter);
LoRa.print("Altitude: ");
LoRa.print(String(BMP.readAltitude()));
LoRa.println(" mdpl");
//Nilai Tekanan Udara
LoRa.print("Pressure: ");
LoRa.print(String(BMP.readPressure()));
LoRa.println(" mbar");
//Nilai Suhu Udara
LoRa.print("Temperature:" );
LoRa.print(String(BMP.readTemperature()));
LoRa.println(" C");
LoRa.endPacket();
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(10, 0);
  display.println("LoRa SENDER");
  display.stopscroll();
  display.setTextSize(1);    //ukuran font
  display.setTextColor(WHITE); //warna tulisan
  display.setCursor(0, 20);  // 0=kolom 20=baris posisi tulisan RSSI
  display.println(LoRaData); //Data RSSI
  display.print("Total Packet: "); //Menampilkan tulisan Statis RSSI
  display.print(counter);

counter++;

delay(500);

DateTime now = rtc.now();

```

```
//JAM
//HOURS
display.clearDisplay();
display.setTextSize(4);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0,23);
display.print(now.hour(), DEC); //Jam

display.setTextSize(4);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(25,20);
display.print(":");

//MINUTES
display.setTextSize(4);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(40,20);
display.print(now.minute(), DEC); //Menit

//display.setTextSize(3);
//display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(65,20);
//display.print(":");

//SECONDS
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(100,35);
display.print(now.second(), DEC); //Detik
```

```
//KALENDER
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(37,57);
display.print(now.day(), DEC);

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(25,55);
display.print("-");

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(40,55);
display.print(now.month(), DEC);

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(55,55);
display.print("-");

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(70,55);
display.print(now.year(), DEC);

//HARI
display.fillRect(0, 0, 120, 16, WHITE);
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(BLACK);
display.setCursor(7,0);
```

```

display.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);

display.display();
delay(5000);

int sensor_Aout = analogRead(Sensor_input); /*Analog value read function*/
/*float millivolts = convertToMillivolts(sensor_Aout, Voltage_Resolution);
  Serial.print("Nilai ADC: ");
  Serial.print(sensor_Aout);
  Serial.print(" | Millivolts: ");
  Serial.println(millivolts);
*/
Serial.print("Gas Sensor: ");
Serial.print(sensor_Aout); /*Read value printed*/
Serial.print("\t");
Serial.print("\t");
/*
  //float convertToMillivolts(int sensor_Aout, float Voltage_Resolution) {
  int maxADC = pow(2, 12) - 1;
  float millivolts = (sensor_Aout / (float)maxADC) * Voltage_Resolution;
  return millivolts;
*/

if (sensor_Aout > 2500) { /*if condition with threshold 1800*/
  //digitalWrite(BUZ, HIGH);
  Serial.println("Gas Butana / LPG");
  //digitalWrite (LED, HIGH) ; /*LED set HIGH if Gas detected */

  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(60, 8);

```

```
display.println(sensor_Aout); //Data MQ-2
display.setCursor(20, 8);
display.print("Value: "); //Menampilkan Nilai MQ-2
display.setCursor(85, 10);
//display.println(" PPM");
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(30, 30);
display.println(" Butane ");
display.setTextSize(2);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(50, 50);
display.println("LPG");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(95, 55);
display.println("MQ135");
display.display();
delay(500);
    tone(BUZ,5000);
delay(500);
//digitalWrite (BUZ, HIGH);
digitalWrite (LED, HIGH); //1
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
digitalWrite (LED, LOW); //2
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, HIGH);
digitalWrite (LED, HIGH); //3
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
digitalWrite (LED, LOW); //4
```

```
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, HIGH);
digitalWrite (LED, HIGH); //5
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
digitalWrite (LED, LOW); //6
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, HIGH);
digitalWrite (LED, HIGH); //7
delay(1000);
//digitalWrite (BUZ, LOW);
digitalWrite (LED, LOW); //8
  noTone(BUZ);

//delay(5000);

}
else {
  Serial.println("          Gas Detected");
  //digitalWrite (LED, LOW) ; /*LED set LOW if NO Gas detected */

  delay(500);
  //delay(500);
  //display.clearDisplay();
  //display.stopscroll();
  //display.startscrollleft(0x00, 0x03);
  //delay(7800);
  //display.stopscroll();

  //display.display();
```

```

    //JAM
//HOURS
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(40,0);
display.print(now.hour(), DEC); //Jam

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(25,20);
display.print(":");

//MINUTES
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(40,20);
display.print(now.minute(), DEC); //Menit
display.display();

//display.clearDisplay();
display.fillRoundRect(15, 20, 80, 9, 4, WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
display.setCursor(22, 21);
display.println("LoRa SENDER");

//display.startscrollright(0x00, 0x00); //LoRa SENDER bergerak ke kanan
// display.setTextSize(1); //ukuran font
// display.setTextColor(WHITE); //warna tulisan
// display.setCursor(0, 37); // 0=kolom 20=baris posisi tulisan RSSI

```

```
// display.println(LoRaData); //Data RSSI
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 37);
display.print("Total Packet : "); //Menampilkan tulisan Statis RSSI
display.print(counter);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 47);
display.print("Value: ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(60, 47);
display.print(sensor_Aout); //Data Sensor MQ-2
    //display.print(mVolt); //Konversi ADC ke mV
    //display.print(" mV");
//display.setCursor(85, 40);
//display.println(" PPM");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(20, 57);
display.println("Gas Detected");

//LoRa Bluetooth (Left Side)
display.drawLine(5, 0, 5, 6, WHITE);
display.drawLine(2, 5, 4, 3, WHITE);
display.drawLine(2, 1, 4, 3, WHITE);
display.drawLine(5, 0, 7, 2, WHITE);
display.drawLine(5, 3, 7, 2, WHITE);
display.drawLine(5, 3, 7, 5, WHITE);
display.drawLine(5, 7, 7, 5, WHITE);
```



```

//LoRa Battery (Right Side)
display.drawRoundRect(72, 0, 15, 8, 1, WHITE); //frame baterai
display.fillRect(88, 2, 1, 4, WHITE);
//display.fillRoundRect(77, 2, 2, 4, 0, WHITE); //pentil baterai
display.fillRect(83, 2, 2, 4, WHITE); //bar 1
display.fillRect(80, 2, 2, 4, WHITE); //bar 2
display.fillRect(77, 2, 2, 4, WHITE); //bar 3
display.fillRect(74, 2, 2, 4, WHITE); //bar 4

//LoRa Signal Quality (Right Side)
display.setCursor(107, 0);
display.setTextColor(WHITE, BLACK);
//display.print("Signal Quality: ");
Sq=map(LoRa.packetRssi(), -156, -4, 0, 100); //-114
display.print(Sq);
//display.print((LoRa.packetRssi()+107)*1);
display.println("%");

for(int Sq = 0; Sq < 25; Sq++){
  //display.clearDisplay();
  display.fillRect(92, 6, 2, 2, WHITE); //Signal Quality Bar 1
  display.display();
}
for(int Sq = 0; Sq < 50; Sq++){
  //display.clearDisplay();
  display.fillRect(95, 4, 2, 4, WHITE); //Signal Quality Bar 2
  display.display();
}
for(int Sq = 0; Sq < 75; Sq++){
  //display.clearDisplay();
  display.fillRect(98, 2, 2, 6, WHITE); //Signal Quality Bar 3
  display.display();
}

```

```

}
for(int Sq = 0; Sq < 100; Sq++){
  //display.clearDisplay();
  display.fillRect(101, 0, 2, 8, WHITE); //Signal Quality Bar 4
}

//display.stopscrollright(0x00, 0x00);
display.display();
//delay(5000);

MQ135.update(); // Update data, the arduino will read the voltage from the
analog pin

MQ135.setA(605.18); MQ135.setB(-3.937); // Configure the equation to
calculate CO concentration value
float CO = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using
the model, a and b values set previously or from the setup

MQ135.setA(77.255); MQ135.setB(-3.18); //Configure the equation to calculate
Alcohol concentration value
float Alcohol = MQ135.readSensor(); // SSensor will read PPM concentration
using the model, a and b values set previously or from the setup

MQ135.setA(110.47); MQ135.setB(-2.862); // Configure the equation to
calculate CO2 concentration value
float CO2 = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using
the model, a and b values set previously or from the setup

MQ135.setA(44.947); MQ135.setB(-3.445); // Configure the equation to
calculate Toluen concentration value
float Toluen = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration
using the model, a and b values set previously or from the setup

```

```
MQ135.setA(102.2 ); MQ135.setB(-2.473); // Configure the equation to
calculate NH4 concentration value
float NH4 = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration using
the model, a and b values set previously or from the setup
```

```
MQ135.setA(34.668); MQ135.setB(-3.369); // Configure the equation to
calculate Aceton concentration value
float Aceton = MQ135.readSensor(); // Sensor will read PPM concentration
using the model, a and b values set previously or from the setup
```

```
Serial.println ("***** Values from MQ-135
*****");
Serial.println ("| CO | Alcohol | CO2 | Toluen | NH4 | Aceton |");
```

```
Serial.print("| "); Serial.print(CO);
Serial.print(" | "); Serial.print(Alcohol);
// Note: 400 Offset for CO2 source:
```

<https://github.com/miguel5612/MQ SensorsLib/issues/29>

```
/*
```

Motivation:

We have added 400 PPM because when the library is calibrated it assumes the current state of the

air as 0 PPM, and it is considered today that the CO2 present in the atmosphere is around 400 PPM.

<https://www.lavanguardia.com/natural/20190514/462242832581/concentracion-dioxido-cabono-co2-atmosfera-bate-record-historia-humanidad.html>

```
*/
```

```
Serial.print(" | "); Serial.print(CO2 + 417);
Serial.print(" | "); Serial.print(Toluen);
Serial.print(" | "); Serial.print(NH4);
Serial.print(" | "); Serial.print(Aceton);
```

```
Serial.println("  ");

//delay(500);
display.clearDisplay();
display.stopscroll();
display.startscrollleft(0x02, 0x03);
delay(7800);
display.stopscroll();

if (CO > 25) { /*if condition with threshold 25*/
  Serial.println("Danger CO Threshold");
  tone(BUZ,5000);
  /* digitalWrite (LED, HIGH); //1
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //2
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //3
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //4
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //5
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  noTone(BUZ); */
```

```
delay(500);
display.setRotation(0);
display.invertDisplay(true);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(25, 5);
display.setTextColor(WHITE);
display.println("DANGER!");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(20, 30);
display.setTextColor(WHITE);
display.println("CO > Threshold");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(20, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print("CO : ");
display.setTextSize(1);
//display.setCursor(55, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(CO); //print Value
display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
display.setCursor(10, 55);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.println(" Karbonmonoksida ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
display.setRotation(3);
display.println("MQ-135");
display.display();
delay(500);
// tone(BUZ,5000);
```

```
    digitalWrite (LED, HIGH); //1
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH); //2
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH); //3
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH); //4
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH); //5
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    noTone(BUZ);
    //delay(5000);
}

if (Alcohol > 200) { /*if condition with threshold 200*/
    Serial.println("Danger -OH (Alcohol) Threshold");
    delay(500);
    display.setRotation(0);
    display.invertDisplay(true);
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(25, 5);
    display.setTextColor(WHITE);
```

```
display.println("DANGER!");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(17, 30);
display.setTextColor(WHITE);
display.println("-OH > Threshold");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(17, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print("-OH : ");
display.setTextSize(1);
//display.setCursor(55, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(CO); //print Value
display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
display.setCursor(35, 55);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.println(" Alkohol ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
display.setRotation(3);
display.println("MQ-135");
display.display();

delay(500);
tone(BUZ,5000);
digitalWrite (LED, HIGH); //1
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //2
delay(500);
```

```
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //3
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //4
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //5
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
noTone(BUZ);
}

if (CO2+417 > 4999) { /*if condition with threshold 5000*/ //+4999
  Serial.println("Danger CO2 Threshold");
  delay(500);
  display.setRotation(0);
  display.invertDisplay(true);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(25, 5);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("DANGER!");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(17, 30);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("CO2 > Threshold");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(10, 40);
```



```
display.setTextColor(WHITE);
display.print("CO2 : ");
display.setTextSize(1);
//display.setCursor(55, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(CO2+4999); //print Value
display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
display.setCursor(15, 55);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.println(" Karbondioksida ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
display.setRotation(3);
display.println("MQ-135");
display.display();
delay(500);
tone(BUZ,5000);
digitalWrite (LED, HIGH); //1
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //2
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //3
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //4
delay(500);
```

```

    digitalWrite (LED, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite (LED, HIGH); //5
    delay(500);
    digitalWrite (LED, LOW);
    noTone(BUZ);
}

if (Toluen > 50) { /*if condition with threshold 50*/
  Serial.println("Danger C6H5CH3 (Toluen) Threshold");
  delay(500);
  display.setRotation(0);
  display.invertDisplay(true);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(25, 5);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("DANGER!");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(2, 30);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("C6H5CH3:> Threshold");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(2, 40);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.print("C6H5CH3: ");
  display.setTextSize(1);
  //display.setCursor(55, 40);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.print(Toluen); //print Value
  display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
  display.setCursor(30, 55);

```

```
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.println(" Toluena ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
display.setRotation(3);
display.println("MQ-135");
display.display();
delay(500);
tone(BUZ,5000);
digitalWrite (LED, HIGH); //1
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //2
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //3
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //4
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //5
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
noTone(BUZ);
}
```

```
if (NH4 > 25) { /*if condition with threshold 25*/
  Serial.println("Danger NH4 (Amonia) Threshold");
  delay(500);
  display.setRotation(0);
  display.invertDisplay(true);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(25, 5);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("DANGER!");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(17, 30);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("NH4 > Threshold");
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(17, 40);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.print("NH4 : ");
  display.setTextSize(1);
  //display.setCursor(55, 40);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.print(NH4); //print Value
  display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
  display.setCursor(35, 55);
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
  display.println(" Amonia ");
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
  display.setRotation(3);
  display.println("MQ-135");
  display.display();
}
```

```
delay(500);
  tone(BUZ,5000);
  digitalWrite (LED, HIGH); //1
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //2
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //3
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //4
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite (LED, HIGH); //5
  delay(500);
  digitalWrite (LED, LOW);
  noTone(BUZ);
}

if (Aceton > 50) { /*if condition with threshold 50*/
  Serial.println("Danger C3H6O (Aceton) Threshold");
  delay(500);
  display.setRotation(0);
  display.invertDisplay(true);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setCursor(25, 5);
```

```
display.setTextColor(WHITE);
display.println("DANGER!");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(5, 30);
display.setTextColor(WHITE);
display.println("C3H6O :> Threshold");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(5, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print("C3H6O : ");
display.setTextSize(1);
//display.setCursor(55, 40);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(Aceton); //print Value
display.print(" PPM"); //Print Satuan tepat setelah Value
display.setCursor(35, 55);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.println(" Aseton ");
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(13,120); //Kolom, Baris
    display.setRotation(3);
    display.println("MQ-135");
display.display();
delay(500);
    tone(BUZ,5000);
        digitalWrite (LED, HIGH); //1
        delay(500);
        digitalWrite (LED, LOW);
        delay(500);
        digitalWrite (LED, HIGH); //2
        delay(500);
```

```
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //3
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //4
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
delay(500);
digitalWrite (LED, HIGH); //5
delay(500);
digitalWrite (LED, LOW);
noTone(BUZ);
}

delay(5000);
display.clearDisplay();
display.setRotation(0);
display.fillRoundRect(19, 0, 100, 9, 5, WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
display.setCursor(25, 1);
display.println("MQ135 All Gases");

//Karbonmonoksida
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 17);
display.print("CO:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
```

```
//display.setCursor(30, 17);
display.print(CO);

//Alkohol
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(60, 17);
display.print("-OH:");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
//display.setCursor(100, 17);
display.print(Alcohol);

//Karbondioksida
display.fillRoundRect(25, 26, 75, 9, 7, WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
display.setCursor(30, 27);
display.println("CO2 : ");
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
display.setCursor(60, 27);
display.println(CO2+417);
display.display();

//Toluena
display.invertDisplay(false);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(24, 37);
display.println("C6H5CH3 : ");
display.setTextSize(1);
```



```
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(79, 37);  
display.println(Toluen);
```

```
//Amonia  
display.fillRoundRect(0, 46, 128, 9, 1, WHITE);  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(BLACK);  
display.setCursor(35, 47);  
display.println("NH4 : ");  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(BLACK);  
display.setCursor(65, 47);  
display.println(NH4);
```

```
//Aseton  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(32, 57);  
display.println("C3H6O : ");  
//display.stopscroll();  
display.setTextSize(1);  
display.setTextColor(WHITE);  
display.setCursor(74, 57);  
display.println(Aceton);  
display.display();
```

```
/*
```

Exponential regression:

GAS | a | b

CO | 605.18 | -3.937

Alcohol | 77.255 | -3.18

CO2 | 110.47 | -2.862

Toluen | 44.947 | -3.445

NH4 | 102.2 | -2.473

Aceton | 34.668 | -3.369

\*/

delay(500); //Sampling frequency

}

delay(500);

display.clearDisplay();

display.stopscroll();

display.startscrollright(0x00, 0x01);

delay(7800);

display.stopscroll();

showBMP();framer2(termo1,1000); showBMP();framer1(termo2);

showBMP();framer1(termo3); showBMP();framer1(termo4);

showBMP();framer1(termo5); showBMP();framer1(termo6);

showBMP();framer1(termo7); showBMP();framer1(termo8);

showBMP();framer1(termo9); showBMP();framer2(termo10,250);

////////////////////////////////////

showBMP();framer1(termo10); showBMP();framer1(termo9);

showBMP();framer1(termo8); showBMP();framer1(termo7);

showBMP();framer1(termo6); showBMP();framer1(termo5);

showBMP();framer1(termo4); showBMP();framer1(termo3);

showBMP();framer1(termo2); showBMP();framer2(termo1,1000);

}

void showBMP(){

```

//Serial.println ("***** Values from MQ-135
*****");
//Serial.println ("| CO | Alcohol | CO2 | Toluen | NH4 | Aceton |");
Serial.println ("***** Values from BMP280
*****");
Serial.println ("| TEMPERATURE | PRESSURE | ALTITUDE
|");

Serial.print("| ");
Serial.print(String(BMP.readTemperature()-7));
Serial.print(" | ");
Serial.print(String(BMP.readPressure()* 1.0E-2 + 54.4));
Serial.print(" | ");
Serial.print(String(BMP.readAltitude(1011)+57));
Serial.println(" |");
//delay(3000);

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,7);
display.setTextColor(WHITE);
display.print(" LoR ");

//altitude
display.setTextSize(1);
display.setCursor(56, 0);
display.setTextColor(BLACK,WHITE);
display.print(" Altitude ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(56, 10);
display.setTextColor(WHITE);

```

```

display.cp437(true); //extended ASCII Codes
display.write(241); //Approx.
display.print(String(BMP.readAltitude(1011)+57));
//https://meteologix.com/id/observations/indonesia/pressure-qnh/20230228-
1600z.html
display.print(" mdpl");

//pressure
display.setTextSize(1);
display.setCursor(56, 20);
display.setTextColor(BLACK,WHITE);
display.print(" Pressure ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(56, 30);
display.setTextColor(WHITE);
//display.print(String(BMP.readPressure()* 9.9E-6)); //konversi ke atm
//display.print(" atm");
// display.print(String(BMP.readPressure())); Pa
// display.print(" Pa");
//display.print(String(BMP.readPressure()* 1.0E-5)); //konversi ke Bar
//display.print(" Bar");
display.print(String(BMP.readPressure()* 1.0E-2 + 54.4)); //konversi ke mBar
display.print(" mbar");

//temperature
display.setTextSize(1);
display.setCursor(38,40);
display.setTextColor(BLACK,WHITE);
display.print(" Temperature ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(38,50);

```

```
display.setTextColor(WHITE);
display.print(String(BMP.readTemperature()-7));
display.print(" ");
display.setTextSize(1);
display.cp437(true); //Extended ASCII Codes
display.write(248); //Degree
display.setTextSize(2);
display.print("C");

while (LoRa.available()) // read packet
{
  LoRaData = LoRa.readString();

  Serial.print(LoRaData);
}
}
```



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**JURUSAN FISIKA**

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933  
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : [Fis@uin-malang.ac.id](mailto:Fis@uin-malang.ac.id)

**BUKTI KONSULTASI  
SKRIPSI**

Nama : Fathullah Arifin  
NIM : 16640070  
Fakultas/Program Studi : Sains dan Teknologi  
Judul SkripsiI : **Monitoring Data Cuaca Dan Pola Konsentrasi Gas NH<sub>4</sub>, CO,  
Dan CO<sub>2</sub> Di Udara Menggunakan Bmp280 Dan Mq-135  
Berbasis Lora**  
Pembimbing 1 : Dr. Imam Tazi, M.Si  
Pembimbing 2 : Arista Romadani, M.Sc

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	7 Maret 2023	Konsultasi Judul	
2	17 April 2023	Konsultasi Proposal	
3	31 Mei 2023	Konsultasi Revisi Proposal	
4	8 Mei 2023	Konsultasi BAB I - IV	
5	20 Mei 2023	Konsultasi Sidang	
6	23 Mei 2023	Konsultasi Revisi Sidang	
7			

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	31 Mei 2023	Integrasi BAB I	
2	7 Juni 2023	Revisi Integrasi BAB I	
3	8 Juni 2023	Integrasi BAB I dan IV	
4	20 Mei 2023	Integrasi BAB IV	
5			

Malang, Juni 2023

Mengetahui,  
Ketua Program Studi,



Dr. Imam Tazi, M.Si