# SISTEM PEMANTAU KUALITAS UDARA PADA RUANGAN BAGI KESEHATAN LANSIA

Disusun Oleh:


N a m a : Fachri Nurmay Rohmah Dinnul Haq

NIM : 20523150

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**


**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

# SISTEM PEMANTAU KUALITAS UDARA PADA RUANGAN BAGI KESEHATAN LANSIA

## TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

N a m a : Fachri Nurmay Rohmah Dinnul Haq

NIM : 20523150

Yogyakarta, 29 Oktober 2024

Pembimbing,

(Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc.)

**HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

# SISTEM PEMANTAU KUALITAS UDARA PADA RUANGAN BAGI KESEHATAN LANSIA

## TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Oktober 2024

Tim Penguji

Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc. _____

**Anggota 1**

Dr. Novi Setiani, S.T., M.T. _____

**Anggota 2**

Rahadian Kurniawan, S.Kom., M.Kom. _____

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

(Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

**HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fachri Nurmay Rohmah Dinnul Haq

NIM : 20523150

Tugas akhir dengan judul:

# SISTEM PEMANTAU KUALITAS UDARA PADA RUANGAN BAGI KESEHATAN LANSIA

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 29 Oktober 2024

( Fachri Nurmay Rohmah Dinnul Haq )

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Atas kehendak dan Ridho-Nya, segala rintangan dalam proses penyusunan dapat dilalui dengan baik. Dengan penuh rasa hormat, penulis mempersembahkan karya tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Yadi, Ibu Siti Asih, dan Kakak saya Dicky Wisnu yang tercinta, sosok penyemangat utama dalam hidup penulis. Tak ada kata yang mampu melukiskan besarnya pengorbanan, kasih sayang, dan doa yang telah dicurahkan. Setiap pencapaian ini merupakan buah dari didikan dan motivasi yang telah ditanamkan.
2. Dosen pembimbing, Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc. yang dengan sabar telah mencurahkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam membimbing pengerjaan tugas akhir ini. Segala ilmu dan pengalaman yang dibagikan sangat berharga.
3. Teman-teman seperjuangan yang setia mendampingi dalam suka dan duka. Kehadiran Anda sekalian membuat perjalanan ini menjadi lebih bermakna. Dukungan dan kebersamaan yang terjalin telah memudahkan setiap tantangan yang dihadapi.
4. Teruntuk diri sendiri, atas segala perjuangan, kesabaran, dan dedikasi yang telah dicurahkan selama proses pengerjaan. Semoga pencapaian ini menjadi batu loncatan menuju kesuksesan yang lebih besar di masa mendatang, dengan ridha Allah SWT. Amiin.

## HALAMAN MOTO

“Dan sesungguhnya keberhasilanku hanyalah karena Allah.”

(QS. Hud: 88)

“Ada masanya kita. Mencuri ruang dan waktu. Walau pasti berlalu.
Biarkan saja, kita ke sana. Selagi masih bisa bersama”

(Baskara Putra – Hindia)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri"

(Baskara Putra – Hindia)

# KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas karunia rahmat dan hidayah-Nya yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju cahaya Islam yang penuh dengan ilmu pengetahuan, keimanan, dan akhlak mulia. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Program Sarjana Informatika, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyelesaiannya, penulis telah menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D., dalam kapasitasnya sebagai Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc., Ph.D., dalam perannya sebagai Ketua Jurusan Informatika, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dhomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Informatika Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Kurniawan Dwi Irianto, S.T., M.Sc., yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan memberikan arahan berharga dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Informatika Program Sarjana, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Yadi dan Ibu Siti Asih, beserta kakak Dicky Wisnu, yang tiada henti memberikan dukungan moral, material, dan spiritual. Pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan menjadi kekuatan utama bagi penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan: Ali, Bagas, Fachrul, serta seluruh Junior Staff BSI UII angkatan 2020, atas kebersamaan dan dukungan yang telah memberikan warna dalam perjalanan akademik ini.
9. Berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 29 Oktober 2024

( Fachri Nurmay Rohmah Dinnul Haq )

# SARI

Kualitas udara dalam ruangan menjadi faktor penting bagi kesehatan, terutama bagi lansia yang rentan terhadap polutan berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO2). Berdasarkan dari beberapa data yang menunjukkan risiko kesehatan lansia akibat kualitas udara yang buruk, penelitian ini mengembangkan sistem pemantau kualitas udara seperti kadar zat CO dan CO2 dalam ruangan, yang dirancang khusus untuk menjaga kesehatan lansia. Pengembangan sistem ini adalah suatu inovasi yang diperlukan untuk memantau kualitas udara (gas CO dan CO2) secara jarak jauh. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali dan sensor MQ-7 untuk mendeteksi kadar zat CO dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar zat CO2 di dalam ruangan. Informasi hasil deteksi dari sensor ditampilkan secara *real-time* melalui *platform* Blynk, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas udara dalam ruangan dari jarak jauh melalui *smartphone.* Adapun metodologi yang digunakan pada penelitian ini meliputi, tahap studi literatur untuk mendapatkan referensi, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, serta pengujian sistem. Tahapan pengembangan sistem mencakup pemrograman sensor untuk mendeteksi kadar zat berbahaya, mengirim data ke ESP32, dan menampilkan informasi melalui layar LCD dan *platform* Blynk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mendeteksi dan mengukur kadar zat CO dan CO2 dengan ketepatan yang cukup tinggi dan memberikan notifikasi apabila kadar zat tersebut melampaui ambang batas aman serta memberikan notifikasi apabila sensor mengalami kesalahan. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu menjaga kesehatan lansia dengan menyediakan informasi kualitas udara secara *real-time* dan dapat secara efektif memantau kualitas udara (gas CO dan CO2) di dalam ruangan lansia.

**Kata kunci**: kualitas udara, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO2), sensor MQ-7, sensor MQ-135, lansia, Blynk, ESP32.

# GLOSARIUM

| | |
|---|---|
| Debug | Langkah untuk menelusuri kesalahan kode program. |
| Database | Kumpulan data yang terstruktur dan tersimpan secara sistematis dalam suatu sistem komputer sehingga memungkinkan untuk diakses, dikelola, dan diperbarui dengan mudah. |
| *Smartphone* | Perangkat telepon pintar yang dilengkapi dengan sistem operasi dan aplikasi, memungkinkan pengguna untuk melakukan komunikasi serta mengakses berbagai fungsi digital. |
| WiFi | Teknologi jaringan nirkabel yang memungkinkan perangkat untuk terhubung ke internet atau bertukar data secara nirkabel dalam jangkauan tertentu. |
| *Real-time* | Kemampuan sistem atau perangkat untuk mengumpulkan, memproses, dan menampilkan data pada saat yang bersamaan dengan kejadian sebenarnya. |
| *Parts Per Million* | Satuan kimia yang digunakan untuk menghitung kandungan senyawa dalam larutan. |
| *Platform* | Perangkat lunak atau sistem operasi yang memungkinkan pengembangan dan operasionalisasi aplikasi tertentu. |
| *Analog Output* | Jenis keluaran dari sensor atau perangkat elektronik yang menghasilkan sinyal kontinu yang proporsional terhadap besaran fisik yang diukur, seperti tegangan atau arus listrik |
| *Virtual Pin* | Pin yang digunakan dalam platform Blynk untuk menghubungkan data atau kontrol dari aplikasi ke perangkat fisik secara virtual, memungkinkan komunikasi antara perangkat dan aplikasi. |

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING ..... ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... iv
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... v
HALAMAN MOTO ..... vi
KATA PENGANTAR ..... vii
SARI ..... ix
GLOSARIUM ..... x
DAFTAR ISI ..... xi
DAFTAR TABEL ..... xiii
DAFTAR GAMBAR ..... xiv
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 3
1.3 Batasan Masalah ..... 4
1.4 Tujuan Penelitian ..... 4
1.5 Manfaat Penelitian ..... 4
1.6 Metodologi Penelitian ..... 5
1.7 Sistematika Penelitian ..... 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 7
2.1 Kajian Pustaka ..... 7
2.2 Karbon Monoksida (CO) ..... 10
2.2.1 Dampak Paparan Karbon Monoksida (CO) ..... 11
2.3 Karbon Dioksida ($CO^2$) ..... 11
2.3.1 Dampak Paparan Karbon Dioksida ($CO^2$) ..... 11
2.4 Mikrokontroller ..... 12
2.4.1 ESP32 Devkit v1 ..... 12
2.5 Sensor ..... 14
2.5.1 Sensor MQ-135 ..... 14
2.5.2 Sensor MQ-7 ..... 16
2.6 LCD I2C 16x2 ..... 17

2.7 Papan *BreadBoard* ..... 18
2.8 Kabel Jumper ..... 19
2.9 Blynk ..... 20
2.10 Arduino IDE ..... 21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... 23
3.1 Studi Literatur ..... 23
3.2 Identifikasi Masalah ..... 24
3.3 Analisis Kebutuhan ..... 24
3.4 Gambaran dan Perancangan Sistem ..... 25
3.4.1 Gambaran Umum Sistem ..... 25
3.4.2 Gambaran Alur Kerja Sistem ..... 26
3.4.3 Perancangan Sistem ..... 30
3.4.4 Perancangan Pengujian Sistem ..... 32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 33
4.1 Hasil Penerapan Sistem ..... 33
4.1.1 Hasil Penerapan Perangkat Keras ..... 33
4.1.2 Hasil Penerapan Perangkat Lunak ..... 34
4.2 Pengujian ..... 41
4.2.1 Pengujian Transmisi Data ke Blynk ..... 42
4.2.2 Pengujian Kadar Zat CO dan $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-135 ..... 43
4.2.3 Pengujian Zat CO dan $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-7 dan Sensor MQ-135 48
4.2.4 Pengujian Penanganan Eror Sensor ..... 56
4.2.5 Pengujian Transmisi Notifikasi ..... 58
4.3 Pembahasan ..... 59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... 61
5.1 Kesimpulan ..... 61
5.2 Saran ..... 61
DAFTAR PUSTAKA ..... 63

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu ..... 7
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras ..... 25
Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak ..... 25
Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin Sensor MQ-135 ..... 30
Tabel 3. 4 Konfigurasi Pin Sensor MQ-7 ..... 30
Tabel 3. 5 Konfigurasi Pin LCD I2C 16x2 ..... 31
Tabel 4. 1 Transmisi Data ke *Platform* Blynk ..... 42
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kadar Zat CO dan $CO^2$ Terhadap Satu Lansia ..... 43
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Tiga Lansia ..... 45
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-135 Terhadap Satu Lansia ..... 48
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Zat CO Menggunakan Sensor MQ-7 Terhadap Satu Lansia ..... 50
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Tiga Lansia ..... 53

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32 Devkit v1 ..... 13
Gambar 2. 2 Sensor MQ-135 ..... 14
Gambar 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-135 ..... 15
Gambar 2. 4 Sensor MQ-7 ..... 16
Gambar 2. 5 Spesifikasi Sensor MQ-7 ..... 17
Gambar 2. 6 LCD I2C 16x2 ..... 18
Gambar 2. 7 Papan *Breadboard* ..... 19
Gambar 2. 8 Kabel Jumper ..... 19
Gambar 2. 9 Blynk ..... 20
Gambar 2. 10 *User Interface* Arduino IDE ..... 22
Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian ..... 23
Gambar 3. 2 Gambaran Umum Sistem ..... 26
Gambar 3. 3 Alur Kerja Sistem ..... 28
Gambar 3. 4 Alur Kerja Sistem ..... 29
Gambar 3. 5 Skema Sistem ..... 32
Gambar 4. 1 Hasil Penerapan Perangkat Keras ..... 34
Gambar 4. 2 Konfigurasi *Platform* Blynk dan *Library* Komponen ..... 34
Gambar 4. 3 Token Autentikasi ..... 35
Gambar 4. 4 Konfigurasi PIN Sensor ..... 35
Gambar 4. 5 Inisialisasi Virtual PIN Blynk dan Komponen ..... 35
Gambar 4. 6 Interval Pengiriman Data ..... 36
Gambar 4. 7 Fungsi *Setup* ..... 37
Gambar 4. 8 Fungsi *Loop* ..... 37
Gambar 4. 9 Fungsi SendCO ..... 38
Gambar 4. 10 Fungsi SendCO2 ..... 40
Gambar 4. 11 Fungsi *Error Handling* ..... 41
Gambar 4. 12 Grafik Pengukuran Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Satu Lansia ..... 44
Gambar 4. 13 Pengujian Sensor dengan Asap Rokok Terhadap Satu Lansia ..... 45
Gambar 4. 14 Grafik Pengukuran Kadar Zat $CO^2$ dan CO ..... 46
Gambar 4. 15 Pengujian Sensor dengan Asap Rokok Terhadap Tiga Lansia ..... 47
Gambar 4. 16 Grafik pengukuran Zat CO2 ..... 49
Gambar 4. 17 Grafik Pengukuran Kadar Zat CO ..... 51

Gambar 4. 18 Pengujian Sensor Terhadap Satu Lansia ..... 52
Gambar 4. 19 Notifikasi *Platform* Blynk ..... 53
Gambar 4. 20 Grafik pengukuran Kadar Zat CO2 dan CO Terhadap Tiga Lansia ..... 54
Gambar 4. 21 Pengujian Sensor Terhadap Tiga Lansia ..... 55
Gambar 4. 22 Notifikasi *Platform* Blynk ..... 56
Gambar 4. 23 Pengujian Penanganan Eror Sensor ..... 57
Gambar 4. 24 Notifikasi Eror *Platform* Blynk ..... 58
Gambar 4. 25 Transmisi Notofikasi ..... 58
Gambar 4. 26 Tampilan Visualisasi Data *Platform* Blynk ..... 60

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Lanjut usia (lansia) merupakan tahap akhir dalam kehidupan manusia. Manusia yang memasuki tahap ini ditandai dengan menurunnya kemampuan kerja tubuh akibat perubahan atau penurunan fungsi organ-organ tubuh. Berdasarkan WHO, lansia dibagi menjadi 4 golongan, usia pertengahan (*middle age*): seseorang yang berusia 45-59 tahun, lanjut usia (*elderly*): berusia 60-74 tahun, lanjut usia tua (*old*): berusia 74-90 tahun, dan usia sangat tua (*very old*): berusia > 90 tahun (Ekasari dkk., 2019). Dengan ini dapat dilihat bahwa manusia dapat dikatakan lansia apabila sudah menginjak usia ≥ 60 tahun. Dengan bertambahnya usia, menjaga kesehatan lansia merupakan hal yang penting agar risiko terkena penyakit semakin kecil.

Indonesia dihadapkan pada tantangan yang tidak sedikit dalam menghadapi fenomena penuaan penduduk. Salah satunya, bagaimana menjaga kesehatan dan kualitas hidup penduduk lanjut usia. Kondisi kesehatan lansia dapat dilihat dari dua indikator kesehatan dasar yang dihasilkan dari kegiatan Susenas Maret 2022. Indikator pertama adalah persentase lansia yang mengalami keluhan kesehatan, yakni keadaan seseorang lansia yang mengalami gangguan kesehatan atau kejiwaan, baik karena gangguan/penyakit yang sering dialami seperti panas, batuk, pilek, diare, sakit kepala, maupun karena penyakit akut, penyakit karena kecelakaan, kriminalitas atau keluhan kesehatan lainnya. Indikator kedua adalah angka kesakitan (*morbiditas*) lansia, yaitu kondisi ketika seseorang lansia mengalami keluhan kesehatan dan menyebabkan terganggunya aktivitas atau kegiatan sehari-hari. Pada tahun 2022, tercatat sekitar 42,09 persen lansia mengalami keluhan kesehatan. Sekitar 1 dari 4 lansia yang berumur 80 tahun ke atas mengalami sakit (24,55 persen). Hal ini terjadi karena seiring bertambahnya usia, kondisi fisik semakin menurun, dan semakin rentannya mereka mengalami keluhan kesehatan dan sakit. Seiring bertambahnya usia, beberapa aspek kehidupan membutuhkan perhatian yang lebih intensif. Hal tersebut meliputi pemeliharaan kesehata fisik dan psikologis, pola gizi yang seimbang, serta lingkungan tempat tinggal yang aman dan nyaman (Badan Pusat Statistik, 2022). Berdasarkan hal tersebut terdapat beberapa indikator yang menyebabkan kesehatan lansia terganggu, salah satu faktor lingkungan yang menjadi penyebab adalah

kualitas udara dalam ruangan yang tidak ideal dapat menimbulkan kenyamanan lansia menjadi terganggu, yang juga dapat berdampak buruk bagi kesehatan lansia.

Kualitas udara di dalam ruangan ternyata dapat menjadi lebih buruk dibandingkan dengan di luar ruangan. Hal ini terjadi karena ruangan merupakan tempat yang tertutup dan terkadang tidak/belum mempunyai sirkulasi udara yang baik, sehingga hal tersebut yang mengakibatkan polusi udara dari luar yang masuk ke dalam ruangan akan terjebak di dalam ruangan. Kualitas udara yang buruk juga dapat mengakibatkan lansia terkena berbagai penyakit pernapasan, seperti asma, PPOK, dan kanker paru-paru (Rizky & Perdana, 2022). Salah satu penyebab kualitas udara dalam ruangan menjadi buruk adalah meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, asap rokok, dan asap pembakaran dari dapur/kompor. Keberadaan zat-zat tersebut dalam ruangan yang ditempati oleh lansia dapat membahayakan kesehatan dan merusak kualitas udara dalam ruangan. Salah satu polutan utama yang dihasilkan oleh beberapa zat-zat tersebut adalah gas CO, $CO^2$, NO, SO, dan Pb, yang juga dapat berasal dari luar maupun dalam ruangan (Rizaldi dkk., 2022). Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, CO memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 25 ppm. Menurut WHO (1999), batas pemaparan CO pada manusia yaitu 80 ppm untuk 15 menit, 48 ppm untuk 30 menit, 24 ppm untuk 1 jam, dan 8 ppm untuk 8 jam (Khairina Mahda, 2019). Ruangan panti jompo di tujuh negara Eropa memiliki kualitas udara yang buruk, yang dapat mengganggu kesehatan pernapasan para penghuni panti jompo. Terdapat 600 lansia dari 50 panti jompo yang ada di tujuh negara Eropa mengalami kendala kesehatan akibat kualitas udara yang buruk serta rata-rata polutan udara yang melebihi standar yang ada, hasil tersebut didapat setelah lansia melakukan pemeriksaan medis. Didapati hasil dari salah satu pemeriksaan medis menyebutkan penyakit PPOK dan karbon monoksida yang dihembuskan dengan formaldehida (aOR 3,49 (95% CI 1,17-10,3)) dan aOR 1,25 (95% CI 1,02-1,55), menyebabkan sesak napas dan batuk yang berhubungan dengan kadar zat karbon dioksida yang lebih tinggi (Bentayeb dkk., 2015).

Berdasarkan data dari World Health Organization (2021), polusi udara menyebabkan kematian tiga kali lebih banyak daripada malaria, tuberkulosis, dan AIDS. Polusi udara sendiri membunuh sebanyak 7 juta orang di seluruh dunia pada tahun 2016, dengan penyakit jantung mencapai 25%, penyakit paru obstruktif sebesar 43%, dan penyakit kanker paru-paru sebesar 29% (World Health Organization, 2021). Berdasarkan indeks kualitas udara, pada tahun 2023 Indonesia masuk ke dalam 20 besar negara dengan indeks kualitas udara terburuk yaitu sebesar

37,1 dan menempati peringkat ke-14, dan Jakarta menjadi kota dengan indeks kualitas udara terburuk yaitu sebesar 43,8 dan menempati peringkat ke-7 (IQAir, 2023). Berdasarkan data-data di atas, maka diperlukan suatu inovasi terbaru untuk menciptakan alat yang dapat memantau kualitas udara pada ruangan secara jarak jauh.

Terdapat beberapa inovasi terbaru untuk memantau kualitas udara pada ruangan yang telah dikembangkan. Pada tahun 2019 dan 2020, telah dikembangkan suatu alat untuk mendeteksi kualitas udara dalam ruangan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan berbagai sensor (Biswal dkk., 2019; Kuncoro dkk., 2020). Tetapi pada alat tersebut terdapat kelemahan yaitu kurang berfokus pada kesehatan lansia. Kemudian ada alat sistem monitoring dan kontrol *air purifier* berbasis Android yang diusulkan oleh Rizky & Perdana (2022), namun pada alat tersebut juga terdapat kekurangan yaitu hanya berfokus pada satu alat saja yaitu *Air Purifier*. Berdasarkan uraian di atas maka penulis mengusulkan suatu solusi suatu sistem dengan judul penelitian **"Sistem Pemantau Kualitas Udara Pada Ruangan Bagi Kesehatan Lansia"**. Untuk cara kerja sistem ini adalah sistem akan memantau kualitas udara pada ruangan lansia menggunakan sensor yang sudah dirancang untuk mendeteksi kualitas udara, setelah sensor berhasil mendeteksi kualitas udara kemudian sensor mengirimkan data ke *display* alat dan server Blynk sehingga dapat dipantau melalui *display* alat dan *platform* Blynk guna untuk pemantauan dari jarak jauh. Kemudian apabila terjadi kenaikan kualitas udara yang cukup tinggi dan sensor gagal dalam membaca kualitas udara, maka sensor akan mengirimkan data ke server Blynk yang nantinya akan mengirim notifikasi bahwa kualitas udara buruk dan terjadi kesalahan pada sensor melalui *platform* Blynk yang telah terpasang di *smartphone*. Hal ini memungkinkan lansia untuk memantau kualitas udara dalam ruangan secara *real-time* menggunakan tampilan perangkat atau program Blynk di *smartphone* mereka.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan dari latar belakang diatas, didapati rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana caranya untuk membangun sebuah sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan dan menetapkan fokus penelitian ini, maka dibutuhkan Batasan agar penelitian ini tetap terfokus pada permasalahan yang dituju, adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Penelitian ini akan berfokus pada pemantauan kualitas udara pada ruangan lansia, terutama yang relevan dengan kesehatan lansia.
b. Penelitian ini berfokus pada pembuatan prototipe sistem yang dapat memantau kualitas udara pada ruangan untuk kesehatan lansia yang hidup sendiri maupun lansia yang hidup dalam pengawasan orang lain.
c. Penelitian terbatas pada populasi lansia di Indonesia yang hidup sendiri. Penelitian ini terbatas pada pengujian sistem yang dilakukan terhadap tiga lansia yang hidup sendiri dan lansia yang hidup dalam pengawasan orang lain di daerah Lodadi, Sleman.
d. Penelitian ini akan berfokus pada pemantauan kadar zat CO dan CO2 menggunakan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan beberapa hal di atas, maka dapat dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia dengan menggunakan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 yang dapat mendeteksi kualitas udara CO dan CO2 dalam ruangan lansia yang kemudian data hasil deteksi sensor dapat diteruskan ke masing-masing *node* sensor sehingga dapat mengirim data pada *smartphone* secara *real-time*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi Kesehatan lansia adalah sebagai berikut:

a. Memudahkan pemantauan kualitas udara pada ruangan, terutama yang relevan dengan kesehatan lansia.
b. Memberikan informasi yang cepat dan akurat mengenai kualitas udara pada ruangan melalui data hasil deteksi sensor yang dapat diteruskan ke masing-masing *node* sensor dan kemudian ke *smartphone* secara *real-time*.
c. Dengan adanya sistem pemantau kualitas udara pada ruangan, kesehatan lansia dapat terjaga karena rentannya mereka terhadap dampak polusi udara.

## 1.6 Metodologi Penelitian

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan awal pada penelitian ini. Fokus utamanya adalah melakukan pengkajian terkait sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan khususnya untuk kepentingan kesehatan lansia.

b. Identifikasi Masalah

Setelah melakukan pengkajian terhadap penelitian sebelumnya, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi masalah. Tahap ini meliputi eksplorasi terhadap masalah guna untuk mengetahui apa saja yang nantinya dibutuhkan pada saat pembuatan sistem.

c. Analisis Kebutuhan

Setelah mengetahui masalah yang ada, kemudian menganalisis kebutuhan sistem. Tahap analisis ini meliputi kebutuhan dalam pembuatan sistem seperti berbagai komponen alat, perangkat keras, dan perangkat lunak sistem.

d. Gambaran dan Perancangan Sistem

Setelah didapati apa saja yang dibutuhkan oleh sistem, kemudian membuat gambaran dan perancangan dari sistem. Tahap ini meliputi penjelasan terkait bagaimana alat dan sistem yang akan dibuat itu bekerja. Setelah didapati gambaran dari sistem, kemudian merancang sistem agar dapat menjadi sistem yang utuh.

e. Pengujian

Langkah terakhir adalah menguji sistem yang telah berhasil dirancang. Pengujian ini dilakukan guna untuk mengetahui apakah sistem yang berhasil dirancang itu bekerja dengan optimal.

## 1.7 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dirancang dengan tujuan untuk memudahkan pemahaman pembaca terhadap isi laporan, berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini:

a. Pendahuluan

Pada bagian ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

b. Tinjauan Pustaka

Pada bagian ini berisikan tentang pembahasan-pembahasan dari penelitian terdahulu, metode yang digunakan, serta komponen-komponen yang akan digunakan untuk membangun sistem.

c. Metodologi

Pada bab ini berisikan tentang gambaran sistem secara umum, analisis kebutuhan sistem, dan pembahasan mengenai perancangan perangkat sistem.

d. Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang pembahasan perangkat dari sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia yang telah berhasil dibuat.

e. Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan mengulas kesimpulan dari hasil penelitian sistem pemantau kulitas udara pada rungan bagi kesehatan lansia serta memberikan saran yang bertujuan untuk pengembangan sistem agar dapat meningkatkan kualitas sistem di masa mendatang.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Kajian Pustaka

Dalam perancangan serta pembuatan alat untuk sistem pemantau kualitas udara pada runagan bagi kesehatan lansia ini dapat berjalan dengan baik, maka perlu ada kajian pustaka, kemudian referensi dari jurnal, serta referensi atau teori lainnya yang dapat diambil dari berbagai sumber, seperti buku, internet, kemudian bahkan bisa dari penelitian terdahulu. Adapun beberapa referensi yang diambil dalam perancangan serta pembuatan alat untuk sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

| Penulis/Peneliti | Judul | Solusi yang Diusulkan | Hasil |
|---|---|---|---|
| Rizky & Perdana (2022) | Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol *Air Purifier* Berbasis Android | Perancangan sistem *air purifier* dengan sistem monitoring yang berbasis IoT dilengkapi dengan sensor untuk medeteksi kualitas udara, modul IoT (GSM SIM800L) untuk mengirimkan data sensor, serta aplikasi Android untuk memantau dan mengontrol kualitas udara. Perangkat sistem ini juga dilengkapi dengan filter penyaring udara untuk membersihkan udara dari polutan yang dapat membuat udara di dalam ruangan menjadi bersih. | Perancangan sistem telah berhasil dirancang. *Air purifier* tersebut dapat menurunkan kadar kualitas udara dalam ruangan, antara lain: menurunkan kadar PM2.5 dan PM10 sebsesar 90%, dan kadar CO sebesar 46% dalam waktu 30 menit. Kemudia sistem ini mempunyai aplikasi android yang memudahkan pengguna dalam monitoring kualitas udara jarak jauh. |
| Biswal dkk. (2019) | *Air Quality Monitoring System for Indoor Environments Using IoT* | Peneliti mengusulkan Teknologi IoT untuk monitoring kualitas udara dalam ruangan dengan dilengkapi sensor yang terhubung yang digunakan untuk mengumpulkan data. Sistem ini juga dilengkapi Teknologi *cloud* yang digunakan untuk menyimpan data. Solusi yang diusulkan oleh penulis ini menggabungkan | Pengembangan sistem ini telah berhasil dikembangkan. Ssitem ini menggunakan berbagai sensor seperti Raspberry Pi 3B+, sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor debu (GP2Y1010AU0F), sensor MQ-135, sensor MQ-7 dan sensor gas MQ. Penelitian ini dapat menunjukkan hasil berupa varian suhu, kelembaban, dan kualitas |

| Penulis/Peneliti | Judul | Solusi yang Diusulkan | Hasil |
|---|---|---|---|
| | | beberapa teknologi seperti IoT, sensor yang terhubung, Teknologi cloud, serta analisis data yang dapat menyajikan monitoring kualitas udara yang canggih dan informatif. | udara dalam ruangan yang dapat mempengaruhi suatu individu yang memiliki penyakit asma dan alergi |
| Kuncoro dkk. (2020) | *Air Quality Monitoring System in the City of Tasikmalaya based on the Internet of Things* (IoT) | Penulis melakukan implementasi teknologi Internet of Things (IoT) untuk sistem pemantauan kualitas udara di Kota Tasikmalaya. Sistem ini menggunakan sensor-sensor gas seperti MQ-131 untuk ozon, MQ-7 untuk karbon monoksida, dan MQ-4 untuk metana, yang terhubung ke mikroprosesor Arduino. Teknologi IoT memungkinkan pengiriman data secara efisien dan pemantauan kualitas udara secara real-time melalui web display. Dengan demikian, solusi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan respons yang lebih efektif terhadap perubahan kualitas udara di kota tersebut. | Penelitian ini berhasil dibuat dengan menampilkan data seperti rata-rata konsentrasi gas karbon monoksida (CO) sebesar 1,51 ppm, konsentrasi gas metana (CH4) sebesar 329,95 ppm, dan konsentrasi gas ozon (O3) sebesar 0,09 ppm di Kota Tasikmalaya selama periode pengambilan data selama 10 hari di Bundaran Bypass Tasikmalaya. Berdasarkan hasil tersebut, kualitas udara di Kota Tasikmalaya dikategorikan sebagai baik. |
| Munabbih dkk. (2020) | Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan LoRa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel | Penulis mengusulkan perancangan sebuah sistem pemantauan kualitas udara berbasis *website* menggunakan modul komunikasi LoRa. Sistem ini dirancang untuk Sistem ini dirancang untuk menampilkan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan level pencemaran udara berdasarkan skala ISPU. Selain itu, sistem ini menggunakan jaringan sensor nirkabel (JSN) yang terdistribusi dalam suatu cakupan area tertentu dan | Sistem pemantau kualitas udara menggunakan Arduino dan LoRa telah berhasil dirancang dan diuji sesuai dengan spesifikasi kebutuhan dan skenario aplikasi. Sistem ini mampu mengirim data sensor ke basisdata dengan packet loss ratio sebesar 0% dan dapat mengirim data hingga jarak 300 meter. Aplikasi web yang digunakan mampu mengolah data sensor menjadi nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang sesuai dengan perhitungan manual. Pengujian performansi pada aplikasi web |

| Penulis/Peneliti | Judul | Solusi yang Diusulkan | Hasil |
|---|---|---|---|
| | | dihubungkan melalui kanal komunikasi nirkabel. Sistem ini juga menggunakan sensor-sensor seperti sensor suhu, kelembapan, partikel debu, CO, dan $NO_2$ yang terhubung dengan papan Arduino Uno dengan mikrokontroler berbasis ATmega 328P. Komunikasi antar node sensor dilakukan melalui kanal komunikasi nirkabel menggunakan modul LoRa. Dengan solusi ini, pemantauan kualitas udara dapat dilakukan tanpa harus ke lokasi secara fisik, sehingga memungkinkan untuk pemantauan yang lebih efisien dan efektif. | juga menunjukkan hasil yang baik. Selain itu, sistem ini juga telah diuji untuk membaca sensor secara akurat dan mentransmisikan data ke aplikasi web menggunakan komunikasi LoRa. |
| Rumampuk dkk. (2021) | *Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design* | Penulis mengusulkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT. Sistem ini dirancang untuk menyediakan informasi secara langsung mengenai kualitas udara. Penulis menggunakan beberapa sensor, seperti sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara secara umum, sensor MG811 untuk mendeteksi gas $CO^2$, Sensor Dust untuk mendeteksi partikel debu halus, dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap serta gas LPG, propana, metana, dan alkohol. Kemudian menggunakan sensor MQ-9 dan MQ-8 untuk mendeteksi gas CO dan gas H2. Seluruh sensor tersebut terhubung ke ESP32 yang berfungsi sebagi pusat pengolahan dan transmisi data dari semua sensor ke server melalui Wi-Fi. | Penelitian ini berhasil merancang sebuah sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang dapat melakukan pengiriman data kualitas udara ke *platform* OvoRD. Data yang terkirim ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik, sehingga memudahkan pengguna untuk memahami kondisi kualitas udara secara langsung. Sistem ini juga dapat mendeteksi berbagai polutan, seperti gas $CO^2$, partikel halus PM2,5, dan lainnya. Sistem ini bertujuan meningkatkan kesadaran akan pentingnya udara bersih dan memberikan solusi efektif untuk memantau kualitas udara pada ruangan, serta mendukung pengguna dalam mengambil langkah-langkah yag dibutuhkan untuk menjaga kesehatan terhadap kualitas udara. |

Berdasarkan dari beberapa hasil penelitian terdahulu yag telah dijabarkan, terdapat beberapa kesamaan dan juga terdapat perbedaan antara penelitian tersebut. Adapun yang menjadi persamaan antara penelitian tersebut adalah sama-sama fokus pembahasan tentang kualitas udara yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Sedangkan perbedaannya ialah terdapat pada komponen alat-alat yang dipakai, seperti ada yang menggunakan modul Arduino, ada yang memakai GSM SIM800L, dan juga ada yang memakai modul LoRa. Manfaat dari penjabaran penelitian terdahulu tersebut adalah penulis menjadi lebih mendapatkan pengetahuan mengenai kualitas udara, khususnya kualitas udara pada ruangan. Kemudian penulis menjadi dapat menentukan alat apa saja yang nantinya akan digunakan dalam membangun sistem dengan mempertimbangkan penelitian terdahulu. Adapun alat-alat yang nantinya digunakan pada penelitian kali ini adalah berupa mikrokontroler ESP32 Devkit V1 dan juga beberapa jenis sensor seperti sensor MQ-7 dan sensor MQ-135.

Penelitian yang telah penulis lakukan memiliki perbedaan dengan beberapa penelitian terdahulu yang telah dijabarkan pada Tabel 2.1. Dalam penelitian ini, penulis lebih berfikus pada kualitas udara pada rungan yang ditempati oleh lansia guna untuk menjaga kesehatan lansia. Selain itu, penelitian ini memanfaatkan *paltform* Blynk sebagai antarmuka utama. *Platform* Blynk ini dapat memungkinkan pengguna untuk memantau kualitas udara pada ruangan secara langsung melalui *smartphone*. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kemudahan dan efisiensi dalam pengelolaan kenyamanan pada ruangan yang ditempati oleh lansia.

## 2.2 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida atau yang biasa disebut dengan gas CO adalah gas yang dapat menggangu aliran peredaran darah dalam tubuh manusia apabila terhirup dan masuk ke paru-paru. Hal ini dapat terjadi karena gas CO dapat menghalangi masuknya oksigen yang sangat dibutuhkan oleh tubuh. Gas CO memiliki racun yang dapat menyebabkan reaksi metabolis dalam darah ketika masuk ke dalam tubuh. Gas CO dapat terbentuk dari hasil pembakaran material yang tidak sempurna, yang di dalamnya terdapat bahan organik dan lainnya. Konsentrasi gas CO diukur dalam satuan *part per million* (ppm) (Kuncoro dkk., 2020). Gas karbon monoksida (CO) dapat berasal dari berbagai macam sumber.

Untuk sumber di luar ruangan sendiri, gas CO dapat berasal dari kendaraan bermotor seperti mobil, sepeda motor, dan truk yang merupakan penyumbang utama dari gas CO. Sementara itu, peralatan rumah tangga dapat menjadi sumber gas CO di dalam ruangan, seperti

pemanas ruangan berbahan bakar minyak tanah, kemudian cerobong asap dari hasil pembakaran sampah, dan asap yang dihasilkan dari kompor. Selain itu, asap rokok juga dapat menimbulkan gas CO di dalam ruangan. Semua sumber gas tersebut dapat melepaskan gas CO ke udara di sekitar kita, baik di luar ruangan maupun di dalam ruangan (Rizaldi dkk., 2022).

### 2.2.1 Dampak Paparan Karbon Monoksida (CO)

Gas CO ini memiliki berbagai macam dampak akibat paparannya. Apabila tubuh manusia terpapar gas CO selama 8 jam dengan konsentrasi sebesar 30 ppm maka dapat mengakibatkan reaksi mual dan pusing. Akan tetapi apabila tubuh manusia terpapar gas CO dengan konsentrasi sebesar 100 ppm dalam waktu yang singkat, masih dapat dikatakan aman. Beberapa hal tersebut yang membuat dampak dari paparan gas CO itu bermacam-macam. Kandungan tinggi yang dimiliki oleh gas CO dapat menaikkan konsentrasi gas lain dalam tubuh manusia, yaitu COHb. COHb merupakan reaksi gas CO dengan hemoglobin yang dapat menyebabkan kemampuan oksigen berkurang (Kuncoro dkk., 2020).

## 2.3 Karbon Dioksida ($CO^2$)

Karbon dioksida atau yang biasa disebut dengan gas $CO^2$ adalah gas yang tidak mempunyai warna dan juga tidak mempunyai bau. Gas $CO^2$ sendiri dapat berasal dari sistem respirasi makhluk hidup dan dari hasil pembakaran yang sempurna, yang di dalamnya terdapat abu atau bahan bakar fosil, seperti asap dari pembakaran rokok. Asap yang dihasilkan dari pembakaran rokok dapat menghasilkan konsentrasi gas $CO^2$ yang cukup besar, yaitu sebesar 2000 ppm. Hal tersebut dapat berkurang apabila terhirup oleh orang lain, yaitu sebesar 400 – 5000 ppm. Gas $CO^2$ terdiri dari dua atom karbon yang saling berikatan secara kovalen dengan atom karbon. Gas $CO^2$ ini dapat terbentuk dari adanya tekanan dan temperatur standar (Kuncoro dkk., 2020). Selain itu, karbon dioksida ($CO^2$) dapat berasal dari berbagai macam sumber, di antaranya adalah hasil dari pembakaran bahan bakar, pembakaran biomassa, pernapasan dari makhluk hidup, sampah yang menumpuk, adanya letusan dari gunung berapi, hutan yang terbakar, pengeringan lahan gambut, bahkan bisa berasal dari lahan pertanian (Samiaji, 2011).

### 2.3.1 Dampak Paparan Karbon Dioksida ($CO^2$)

Kandungan yang dimiliki oleh gas $CO^2$ sendiri dapat bermacam-macam, namun memiliki kandungan normal sebesar 300 ppm. Dampak terhadap kesehatan manusia dari paparan gas

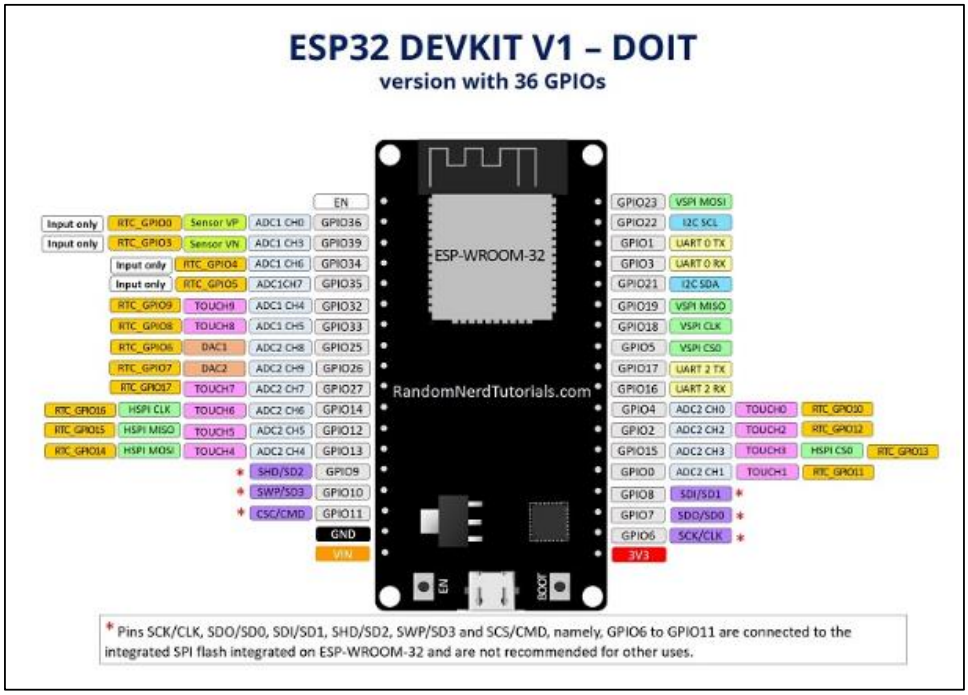
$CO^2$ ini juga memiliki berbagai macam, apabila manusia terkena paparan gas $CO^2$ yang melebihi batas aman dapat mengakibatkan rasa kantuk, kemudian sakit kepala, dan aktivitas fisik yang menurun. Apabila manusia terpapar gas $CO^2$ sebesar 30000 ppm, dapat mengakibatkan tekanan darah naik dan pendengaran menjadi terganggu. Kemudian apabila terpapar sebesar 50000 ppm, dapat mengakibatkan stimulasi pernapasan, pusing-pusing, serta kesulitan dalam bernapas yang diikuti dengan reaksi sakit kepala. Kemudian apabila terpapar oleh gas CO > 80000 ppm, maka dapat mengakibatkan sakit kepala yang tinggi, kemudian berkeringat secara terus menerus, dan juga kehilangan kesadaran setelah 5-10 menit (Kuncoro dkk., 2020).

## 2.4 Mikrokontroller

Fungsi mikrokontroler sangatlah penting pada pembuatan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia, karena mikrokontroler ini merupakan komponen utama dari pembuatan sistem ini. Definisi dari mikrokontroler sendiri adalah suatu chip dari mikrokomputer yang secara fisik merupakan IC (*Integrated Circuit*). Mikrokontroler memiliki beberapa bagian utama, yaitu RAM (*Random-Access Memory*), CPU (*Central Processing Unit*), ROM (*Read-Only Memory*), serta *port* I/O (*Input*/*Output*). Program-program yang di *input* ke mikrokontroler merupakan sebuah instruksi-instruksi yang berbentuk kode-kode yang dirancang menggunakan bahasa pemrograman tertentu (Saputro & Rofii, 2022). Beberapa sistem elektronik yang kecil biasanya menggunakan mikrokontroler untuk melakukan konfigurasi pada alatnya, karena mikrokontroler ini tidak membutuhkan perhitungan yang rumit dan juga biayanya murah. Pada pembuatan sistem kali ini menggunakan ESP32 Devkit v1.

### 2.4.1 ESP32 Devkit v1

ESP32 Devkit v1 adalah salah satu jenis mikrokontoler yang dikeluarkan oleh *Espressif System*, mikrokontoler ini juga menjadi penerus dari mkrokontroler ESP8266. ESP32 ini sudah memiliki modul WIFI yang tertanam dalam chip, yang sangat membantu dalam pembuatan sistem aplikasi *Internet of Things* (Muliadi dkk., 2020). Gambar 2.1 dibawah ini menunjukkan beberapa pin *output* dan pin *input* yang dimiliki oleh ESP32 yang tentunya dapat digunakan untuk pengembangan sistem nantinya.




Gambar 2. 1 ESP32 Devkit v1

Mikrokontroler ESP32 Devkit v1 ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan mikrokontoler lainnya. Keunggulan yang dimiliki antara lain termasuk pin analog yang lebih banyak, kemudian mempunyai memori yang lebih besar, tersedia *Bluetooth* 4.0 yang rendah energi, serta sudah mempunyai modul WiFi. Adapun perbedaan antar beberapa jenis mikrokontroler dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pada pengembangan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia ini akan menggunakan ESP32 Devkit v1 untuk media komunikasi data nirkabel antar beberapa sensor-sensor yang dapat mengirimkan hasil data ke pengguna, dan juga memberikan pengguna kemampuan untuk memantau kualitas udara dalam ruangan secara *real-time* melalui platform Blynk.

Tabel 2.1 Perbedaan Jenis Mikrokontroler

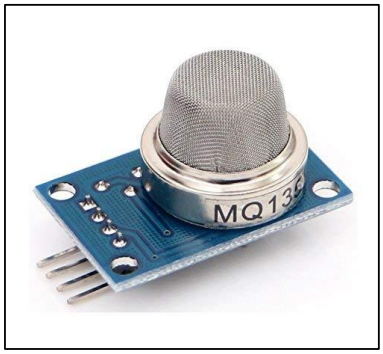
| | **Arduino Uno** | **Node MCU ESP8266** | **ESP32 Devkit V1** |
|---|---|---|---|
| Tegangan | 5 Volt | 3.3 Volt | 3.3 Volt |
| CPU | ATmega 328 – 16 Mhz | Xtensa single core L106 – 60 MHz | Xtensa dual core LX6 – 160 MHz |
| Arsitektur | 8 bit | 32 bit | 32 bit |
| Flash Memory | 32 kB | 16 MB | 16 MB |
| SRAM | 2 kB | 160 kB | 512 kB |
| GPIO Pin (ADC/DAC) | 14 (6/-) | 17 (1/-) | 36 (18/2) |

| | Arduino Uno | Node MCU ESP8266 | ESP32 Devkit V1 |
|---|---|---|---|
| *Bluetooth* | Tidak ada | Tidak ada | Ada |
| Wi-Fi | Tidak ada | Ada | Ada |
| SPI/I2C/UART | 1/1/1 | 2/1/2 | 4/2/2 |

## 2.5 Sensor

Peran sensor pada pengembangan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia juga mempunyai fungsi yang penting juga, karena sensor ini merupakan alat yang melengkapi mikrokontroler untuk membentuk suatu sistem elektronik, terutama pada pembuatan sistem ini. Sensor atau yang juga dikenal sebagai transduser adalah bagian elektronika yang dapat mengubah suatu besaran fisis ke dalam besaran listrik. Dengan menggunakan berbagai jenis sensor tersebut, fenomena fisis dapat dideteksi (Gunadi & Rachmawati, 2022). Sensor memiliki berbagai macam jenis, termasuk suhu, kelembaban, tekanan, intensitas gas, kualitas udara, dan masih banyak lagi jenisnya. Sensor memainkan peran yang penting dalam tugas seperti pengukuran dan instrumetasi. Kehadiran sensor mengunginkan mereka untuk mendeteksi perubahan nilai pada besaran yang sedang diukur dan kemudian dapat menunjukkan perubahan tersebut sebagai bentuk luaran dari sistem pengukuran. Pada pengembangan sistem ini, penulis menggunakan sensor MQ-135 dan sensor MQ-7.

### 2.5.1 Sensor MQ-135




Gambar 2. 2 Sensor MQ-135

Sumber: Biswal dkk. (2019)

Sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor kima yang sensitif terhadap berbagai jenis bahan kimia, termasuk $NH_3$, Nox, alkohol, benzol, asap, karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida ($CO^2$). Karena sifatnya yang praktis dan tidak membutuhkan banyak daya, sensor ini dapat berfungsi dengan baik sebagai penanda bahaya adanya polusi karena dapat menerima perubahan nilai resistansi (analog) apabila sensor ini terkena gas. Nilai resistansi sensor MQ-135 ini menentukan sensitivitas sensor terhadap konsentrasi gas (Rosa dkk., 2020). Sensor MQ-135 ini nantinya akan digunakan untuk mendeteksi gas karbon dioksida ($CO^2$) yang terdapat dalam ruangan lansia. Sensor ini juga memiliki kondisi standart kerja yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.

**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

| Symbol | Parameter name | Technical condition | Remarks |
|---|---|---|---|
| Vc | Circuit voltage | 5V±0.1 | AC OR DC |
| $V_H$ | Heating voltage | 5V±0.1 | ACOR DC |
| $R_L$ | Load resistance | can adjust | |
| $R_H$ | Heater resistance | 33Ω ±5% | Room Tem |
| $P_H$ | Heating consumption | less than 800mw | |

B. Environment condition

| Symbol | Parameter name | Technical condition | Remarks |
|---|---|---|---|
| Tao | Using Tem | -10℃…+45℃ | |
| Tas | Storage Tem | -20℃…+70℃ | |
| $R_H$ | Related humidity | less than 95%Rh | |
| $O_2$ | Oxygen concentration | 21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity | minimum value is over 2% |

C. Sensitivity characteristic

| Symbol | Parameter name | Technical parameter | Remark 2 |
|---|---|---|---|
| Rs | Sensing Resistance | 30KΩ -200KΩ (100ppm $NH_3$ ) | Detecting concentration scope：<br>10ppm-300ppm $NH_3$<br>10ppm-1000ppm Benzene<br>10ppm-300ppm Alcohol |
| α (200/50) $NH_3$ | Concentration Slope rate | ≤ 0.65 | |
| Standard Detecting Condition | Temp: 20℃±2℃ Humidity: 65%±5% | Vc:5V±0.1 Vh: 5V±0.1 | |
| Preheat time | Over 24 hour | | |

Gambar 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-135

Sumber: Hanwei Electronics (2024b)

Selain sensor MQ-135, sensor MG-811 juga dapat mengukur kualitas $CO^2$ pada suatu ruangan, sensor MG-811 yang mampu melakukan pendeteksian gas karbon dioksida dengan rentang 350 - 10000 ppm. Sensor MG-811 cocok digunakan pada sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan, sistem kontrol proses fermentasi, dll (Aisyah, 2019). Selain itu sensor MG-811 ini hanya dapat mengukur kadar zat $CO^2$ saja, tidak dapat mengukur kadar zat co maupun zat lainnya. Harga sensor MG-811 cenderung lebih mahal dan biasa digunakan untuk

aplikasi profesional atau komersil, sehingga pada penelitian kali ini penulis memilih sensor MQ-135 untuk mengukur kadar zat CO dan $CO^2$.

### 2.5.2 Sensor MQ-7

Gambar 2. 4 Sensor MQ-7

Sumber: Biswal dkk. (2019)

MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil (Aisyah H Risa, 2019). Sensor ini sangat sensitif terhadap gas CO, stabil, dan bertahan lama. Sensor ini memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon cepat terhadap gas karbon monoksida (CO) (Kurniawan dkk., 2023). Sensor MQ-7 ini nantinya akan digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) yang terdapat dalam ruangan lansia. Adapun spesifikasi dari sensor MQ-7 dapat dilihat lebih lanjut pada Gambar 2.5.

**SPECIFICATIONS**

A. Standard work condition

| Symbol | Parameter name | Technical condition | Remark |
|---|---|---|---|
| Vc | circuit voltage | 5V±0.1 | Ac or Dc |
| $V_H$ (H) | Heating voltage (high) | 5V±0.1 | Ac or Dc |
| $V_H$ (L) | Heating voltage (low) | 1.4V±0.1 | Ac or Dc |
| $R_L$ | Load resistance | Can adjust | |
| $R_H$ | Heating resistance | 33Ω±5% | Room temperature |
| $T_H$ (H) | Heating time (high) | 60±1 seconds | |
| $T_H$ (L) | Heating time (low) | 90±1 seconds | |
| PH | Heating consumption | About 350mW | |

b. Environment conditions

| Symbol | Parameters | Technical conditions | Remark |
|---|---|---|---|
| Tao | Using temperature | -20℃-50℃ | |
| Tas | Storage temperature | -20℃-50℃ | Advice using scope |
| RH | Relative humidity | Less than 95%RH | |
| $O_2$ | Oxygen concentration | 21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic | Minimum value is over 2% |

c. Sensitivity characteristic

| symbol | Parameters | Technical parameters | Remark |
|---|---|---|---|
| Rs | Surface resistance Of sensitive body | 2-20k | In 100ppm Carbon Monoxide |
| a (300/100ppm) | Concentration slope rate | Less than 0.5 | Rs (300ppm)/Rs(100ppm) |
| Standard working condition | Temperature -20℃±2℃ relative humidity 65%±5% RL:10KΩ±5% | | |
| | Vc:5V±0.1V VH:5V±0.1V VH:1.4V±0.1V | | |
| Preheat time | No less than 48 hours | Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide | |

Gambar 2. 5 Spesifikasi Sensor MQ-7

Sumber: Hanwei Electronics (2024a)

Selain sensor MQ-7, sensor MQ-9 juga dapat mengukur kadar CO pada ruangan, sensor MQ-9 memiliki sensitivitas tinggi terhadap karbon monoksida, metana, dan propana atau gas lainnya yang mudah terbakar (Sharma dkk., 2023). Penulis tidak memilih sensor MQ-9 karena sensor MQ-9 memiliki sifat dapat mendeteksi gas lainnya sehingga jika dibandingkan dengan sensor MQ-7 sensor MQ-9 kurang akurat dalam mengukur kadar zat CO pada suatu ruangan. Selain itu sensor MQ-9 juga membutuhkan daya yang lebih tinggi ketika penggunaannya. Maka dari itu penulis lebih memilih sensor MQ-7 karena sensor tersebut lebih akurat dalam mengukur kadar zat CO pada suatu ruangan serta penggunaan daya yang lebih rendah dari sensor MQ-9.

## 2.6 LCD I2C 16x2

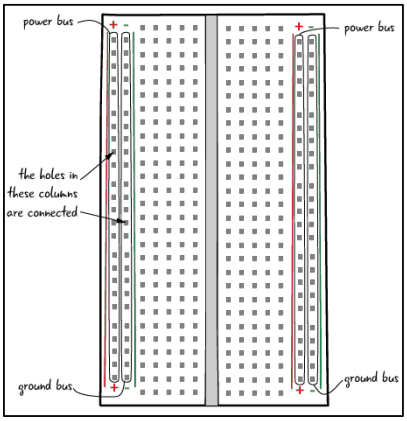
Liquid Crystal Display atau biasa disebut dengan LCD merupakan salah satu komponen elektronik yang digunakan untuk menampilkan keterangan yang biasanya berupa teks maupun angka pada antar muka suatu komponen elektronik yang terhubung dengan mikrokontroler. LCD 16x2 ini memiliki karakter berjumlah 2 x 16 karakter. I2C sendiri merupakan modul dari LCD yang dkendalikan secara serial sinkron menggunakan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated*

*Circiut*) atau TWI (*Two Wire interface*). Secara umum, modul I2C ini dikendalikan secara pararel baik pada jalur data atau kontrol. Pengendalian jalur secara pararel dapat memakan banyak pin pada sisi mikrokontroler yang paling sedikit membutuhkan 6-7 pin untuk mengendalikan modul I2C ini (Suryantoro & Budiyanto, 2019). Pada penelitian ini penulis menggunakan LCD I2C 16x2 yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan nilai CO dan $CO^2$.

Gambar 2. 6 LCD I2C 16x2

## 2.7 Papan *BreadBoard*

Papan *breadboard* adalah papan yang berfungsi untuk membuat rancangan rangkaian elektronik sederhana, membuat prototipe, mauapun membuat skenario uji coba suatu proyek *Internet of Things* (IoT) tanap perlu menyolder komponen. Secara umum, papan *breadboard* ini terbuat dari plastik dan memiliki berbagai lubang yang telah diatur sebelumnya, yang membentuk pola berdasarkan jaringan di dalamnya. Papan *breadboard* yang tersedia di pasaran biasanya terbagi menjadi tiga ukuran, yaitu mini *breadboard*, medium *breadboard*, dan large *breadboard* (Sulistyorini dkk., 2022). Pada penelitian ini papan *breadboard* digunakan sebagai wadah rancangan komponen yang telah terhubung dengan kabel jumper.




Gambar 2. 7 Papan *Breadboard*

Sumber: Sulistyorini dkk. (2022)

Gambar 2.7 di atas terbagi menjadi tiga bagian, diantaranya sebagai berikut:

a. Terdapat dua pasang jalur pada bagaian atas dan bawah *breadboard* yang saling terhubung secara *horizontal* hingga ke bagaian tengah. Jalur ini biasanya digunakan untuk tombol daya atau jalur sinyal seperti jalur komunikasi.
b. Lima lubang yang terdapat pada bagian tengah papan tersebu digunakan sebagai lokasi perakitan komponen. Lima lubang ini terhubungsecara vertikal hingga ke bagain tengah papan *breadboard*.
c. Pemisah pada bagian tengah papan *breadboard* biasanya digunakan sebagai tempat untuk memasang komponen *Integrated Circuit* (IC).

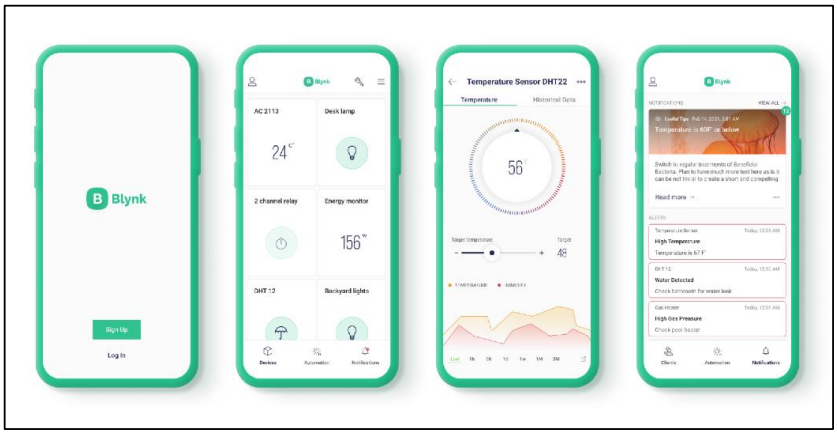
## 2.8 Kabel Jumper

Gambar 2. 8 Kabel Jumper

Sumber: Sulistyorini dkk. (2022)

Kabel jumper merupakan sebuah kabel elektrik yang mempunyai pin penghubung di kedua ujungnya. Kabel ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan dua komponen yang melibatkan Arduino atau komponen lainnya tanpa perlu menyolder (Sulistyorini dkk., 2022). Kabel jumper ini sendiri memiliki beberapa jenis, sepert kabel jumper male to male yang sangat cocok untuk membuat rangkain elektronik di papan *breadboard*. Jenis kabel male to male ini memiliki pin penghubung jantan di kedua ujunganya. Kemudian ada kabel jumper male to female, kabel ini memiliki pin penghubung yang berbeda pada setiap ujungnya, yaitu satu ujung jantan (*male*) dan satu ujung betina (*female*). Jenis kabel male to female ini biasanya digunakan untuk menghubungkan komponen elektronika antara Arduino dengan papan *breadboard*. Pada penelitian ini kabel jumper digunakan untuk menghubungkan antar komponen, seperti sensor MQ-7, sensor MQ-135, ESP32, dan LCD I2C 16x2.

## 2.9 Blynk




Gambar 2. 9 Blynk

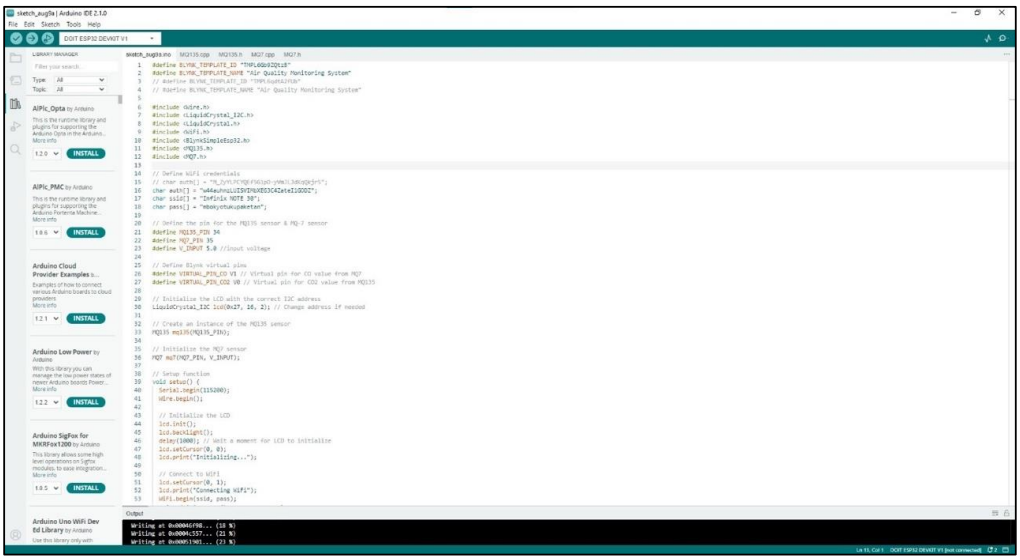
Sumber: Tri (2023)

Berdasarkan paparan Sulistyorini dkk. (2022), Blynk merupakan platform yang dapat diunduh dan dipasang secara gratis yang tersedia untuk sistem operasi iOS maupun Android. Blynk berfungsi untk mengendalikan berbagai macam mikrokontroler melalui internet, seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP, dan lainnya. Platform Blynk ini dirancang khusus untuk mendukung proyek *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna dapat mengendalikan perangkat keras dari jarak jauh, menyimpan serta menampilkan data dari sensor, memberikan visualisasi, serta melakukan berbagai macam fungsi canggih lainnya. Platform Blynk sendiri memiliki 3 komponen utama, yaitu aplikasi Blynk, server Blynk, dan

pustaka Blynk. Pada penelitian ini platform Blynk digunakan untuk menampilkan nilai kualitas udara dan untuk memantau kualitas udara pada ruangan lansia. Selain itu, penggunan aplikasi Blynk sangat mudah, untuk penggunaannya dapat menggunakan Android maupun iOS. Aplikasi Blynk tidak terikat dengan komponen atau chip manapun, namun harus mendukung board dengan memiliki akses *wifi* untuk dapat berkomunikasi dengan *hardware* yang digunakan (Syukhron dkk., 2021). Selain *platform* Blynk, *platform* ThingsBoard juga dapat digunakan sebagai *platform* untuk pengembangan IoT, tetapi ThingBoard biasa digunakan untuk proyek yang skala besar seperti industrial IoT (IioT). Maka dari itu penulis memilih *platform* Blynk sebagai *platform* pengembanag IoT yang telah dirancang.

## 2.10 Arduino IDE

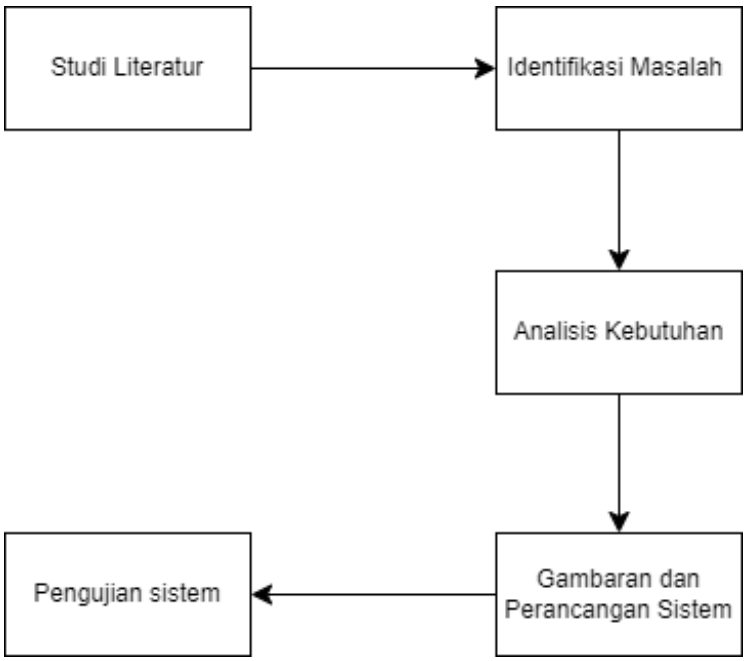
Arduino dan IDE memiliki makna masing-masing. Berdasarkan paparan Saputro & Rofii (2022), Arduino merupakan *platform* komputasi fisik yang bersifat *open source*. Sedangakan IDE (*Integrated Development Enviroment*) merupakan perangkat lunak yang memiliki peran penting dalam penulisan program, mengkompilasi menjadi kode biner, dan mengunggah ke dalam memori mikrokontroler. Jadi Arduino IDE adalah perpaduan antara perangkat keras dan bahasa pemrograman serta teknologi IDE canggih yang dapat mendukung berbagai macam mikrokontroler seperti Arduino, NodeMcu, dan ESP, sehingga memudahkan untuk menggambar sketsa pemograman pada proyek IoT. Banyak sekali proyek dan peralatan IoT yang dikembangkan menggunakan *platform* Arduino IDE. Selain itu, tersedia juga berbagai modul pendukung seperti sensor, tampilan, dan penggerak yang dibuat oleh pihak ketiga untuk diintegrasikan dengan Arduino IDE. Arduino IDE sendiri merupakan salah satu *platform* yang cukup populer, salah satu faktor yang menjadikan populer adalah bersifat *open source* serta dapat diunduh dan dipasang pada komputer secara gratis. Pada penelitian ini Arduino IDE digunakan untuk membuat kode program yang digunakan untuk mengukur kadar gas kualitas udara menggunakan sensor-sensor.



Gambar 2. 10 *User Interface* Arduino IDE

# BAB III
# METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan oleh penulis dalam mengerjakan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia dapat dilihat pada Gambar 3.1.




Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

## 3.1 Studi Literatur

Langkah awal yang dilakukan adalah mencari studi literatur. Peneliti melakukan peninjauan pada studi-studi sebelumnya yang membahas tentang pemantauan kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia. Pada situasi ini, penulis meninjau kemajuan yang terbaru terkait teknologi dan temuan penelitian yang berkaitan. Adapun beberapa data referensi penelitian terkait yang diambil untuk membangun sistem ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 terdapat berbagai referensi dari berbagai sumber yang sudah membanguun sistem pemantau kualitas udara pada ruangan, akan tetapi ada beberapa aspek yang belum mencakup tentang kesehatan lansia. Dengan demikian, peneliti dapat memahami kerangka konseptual dari hasil studi literatur yang telah dilakukan dan menyelaraskan penelitian yang dilakukan dengan temuan sebelumnya.

### 3.2 Identifikasi Masalah

Selanjutnya adalah melakukan identifikasi masalah sebelum menganalisis kebutuhan sistem. Hasil dari identifikasi masalah digunakan sebagai dasar dari perancangan sistem yang akan dibuat lebih lanjut. Selama tahapan identifikasi berjalan, peneliti mengumpulkan data dan informasi untuk mendukung jalannya proses penelitian. Proses ini termasuk melakukan pertimbangan pada teori-teori yang terkait dengan penelitian dan pengembangan sistem melalui studi literatur.

### 3.3 Analisis Kebutuhan

Selanjutnya adalah tahap analisis kebutuhan, tahapan ini dilakukan sebelum membuat gambaran dan perancangan sistem dengan tujuan agar dapat mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia. Tahap ini meliputi tahap pengumpulan data-data dan rancangan awal yang digunakan untuk merancang sistem yang akan dibangun. Pencarian data ini difokuskan pada data yang membahas tentang pemantau kualitas udara pada ruangan, sehingga dapat ditemukan beberapa referensi yang relevan dengan sistem yang akan dibangun. Kemudian tahap analisis selanjutnya yaitu membuat rancangan awal sistem meliputi analisis permasalahan kesehatan lansia pada kualitas udara pada ruangan. Kemudian melakukan *review* yang mendalam terhadap beberapa data-data yang telah dikumpulkan. Hal tersebut digunakan untuk menetukan kadar kualitas udara yang nantinya akan dapat diukur oleh sistem yang dibangun ini. Sehingga dapat diporeleh apa saja kadar kualitas udara yang diukur, antara lain:

a. Karbon Monoksida (CO)
b. Karbon Dioksida ($CO^2$)

Setelah penentuan kadar kualitas udara yang diukur, kemudian menentukan komponen-komponen dan perangkat lunak apa saja yang akan digunakan untuk membangun sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia. Dalam menentukan komponen, penulis akan mempelajari datasheet dari komponen yang ditentukan agar dapat terhindar dari kesalahan dalam memilih komponen. Adapun komponen-komponen dan perangat lunak yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras

| No. | Nama Perangkat Keras | Total |
|---|---|---|
| 1 | ESP32 DEVKIT V1 | 1 |
| 2 | Sensor MQ-7 | 1 |
| 3 | Sensor MQ-135 | 1 |
| 4 | LCD I2C 16x2 | 1 |
| 5 | Breadboard | 1 |
| 6 | Kabel Jumper Male to Male | 8 |
| 7 | Kabel Jumper Male to Female | 2 |
| 8 | Kabel Jumper Female to Female | 2 |

Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak

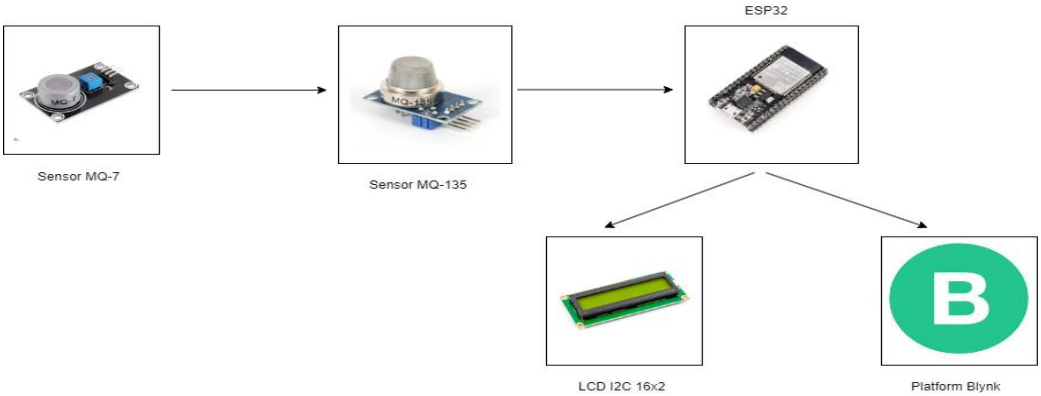
| No | Nama Perangkat Lunak | Total |
|---|---|---|
| 1 | Arduino IDE | 1 |
| 2 | Blynk | 1 |
| 3 | Fritzing | 1 |

## 3.4 Gambaran dan Perancangan Sistem

Setelah mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia, langkah selanjutnya adalah membuat gambaran umum bagaimana nantinya sistem akan bekerja serta membuat rancangan sistem.

### 3.4.1 Gambaran Umum Sistem

Secara umum, sistem pemantau kualitas udara ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler guna untuk menyimpan serta memproses data kualitas udara. Sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 akan membaca CO dan $CO^2$ pada ruangan lansia. Setelah ESP32 menerima data hasil baca tiap sensor, kemudian ESP32 memproses untuk dikirim ke LCD I2C. Kemudian hasil baca tiap sensor dapat dilihat juga melalui platform Blynk guna untuk memantau kualitas udara pada ruangan secara jarak jauh. Apabila terdapat eror pada sensor seperti sensor tidak dapat mengukur kualitas udara atau daya pada sensor mati, maka platform Blynk akan mengirimkan notifikasi dan LCD akan menampilkan pesan eror. Kemudian apabila kadar gas CO dan $CO^2$ melebihi batas aman yang telah ditentukan pada sistem, maka pengguna akan menerima notifikasi dari platform Blynk yang telah terpasang pada smartphone mereka. Adapun gambaran umum sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.




Gambar 3. 2 Gambaran Umum Sistem

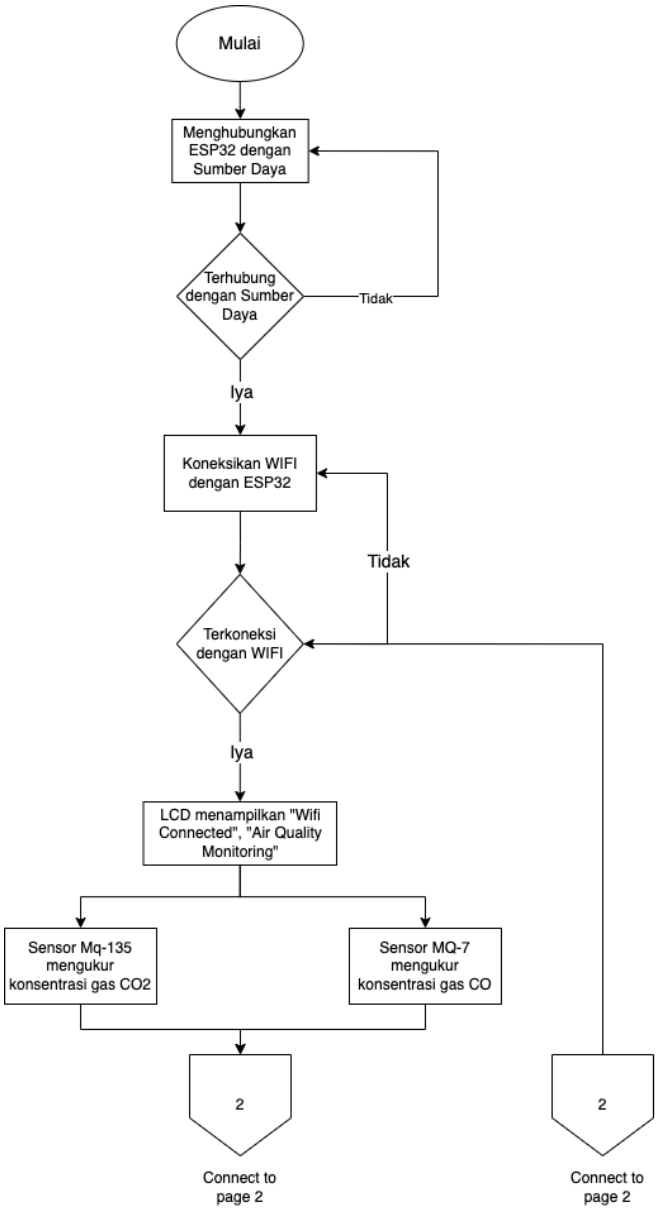
### 3.4.2 Gambaran Alur Kerja Sistem

Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 Devkit v1 sebagai otak utama, berperan untuk menyimpan program dan mengolah data CO dan $CO^2$ yang dideteksi oleh sensor MQ-7 dan sensor MQ-135. Sensor-sensor ini akan mengumpulkan data tentang konsentrasi gas dan parameter kualitas udara yaitu CO dan $CO^2$. Alur kerja sistem dimulai dengan menghubungkan ESP32 dengan sumber daya, kemudian menghubungkan ESP32 dengan koneksi WIFI. Setelah itu, sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 mendeteksi kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan. Setelah sensor-sensor berhasil mendeteksi kadar zat pada ruangan, data dari hasil deteksi tersebut akan dikirim oleh ESP32 ke server blynk dan LCD I2C, yang nantinya dapat diakses menggunakan koneksi internet agar dapat melakukan pemantauan terkait proses pengukuran kualitas udara pada ruangan lansia yang sedang berlangsung.

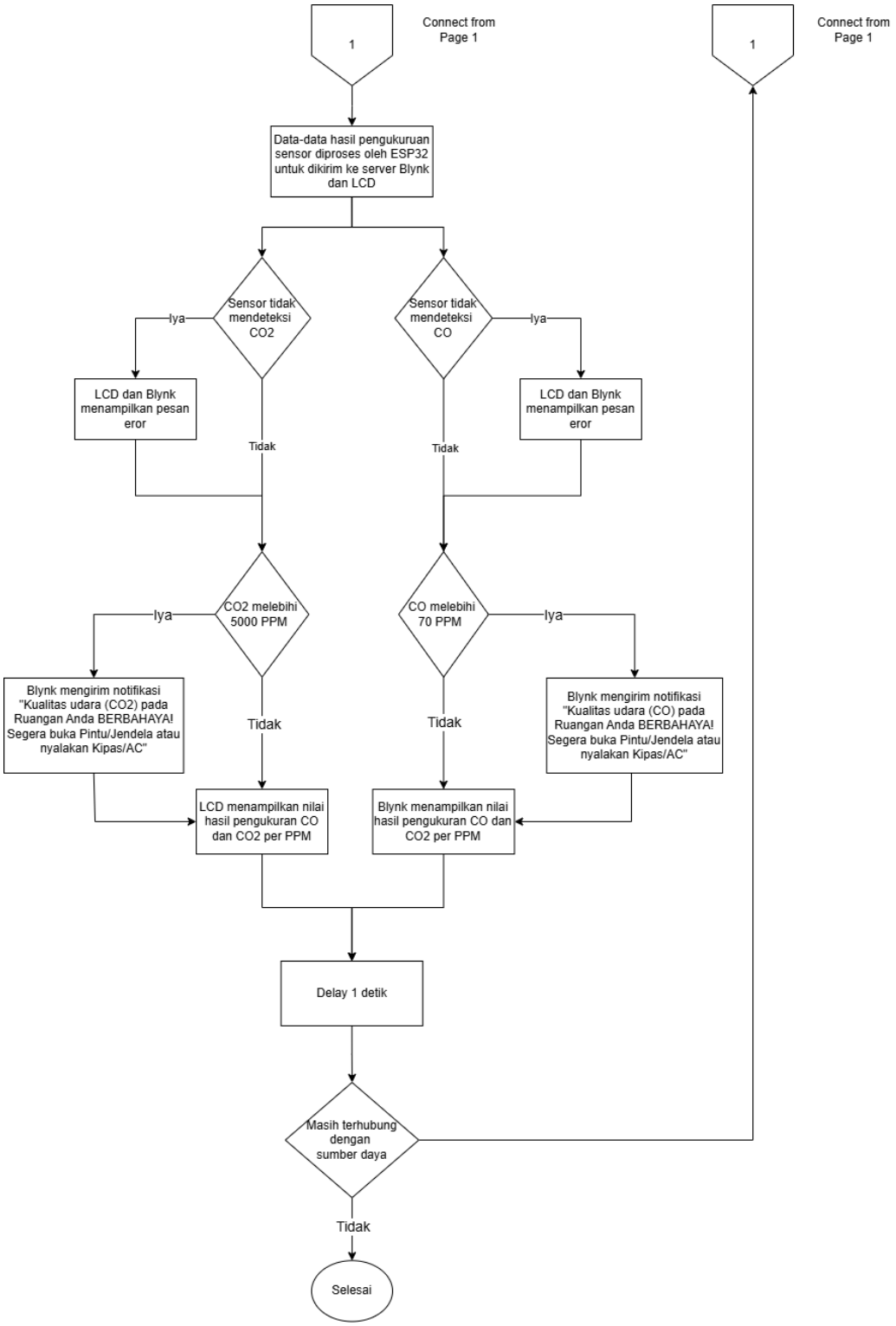
Untuk meningkatkan aksesibilitas, penulis mengintegrasikan platform Arduino IDE dan juga platform Blynk. Arduino IDE ini berperan dalam menuliskan kode program untuk mikorkontroler ESP32 Devkit v1, kemudian berperan untuk memastikan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 dapat beroperasi secara optimal. Serta untuk memungkinkan pemantauan kualitas udara pada ruangan lansia dapat dilakukan dari jarak jauh penulis menggunakan platform Blynk. Apabila terdapat eror pada sensor pada saat proses pengukuran, maka platform Blynk akan mengirimkan notifikasi dan LCD akan menampilkan pesan eror. Setelah itu ketika kadar zat yang terdeteksi melebihi batas aman, maka platform Blynk yang telah terpasang pada *smartphone* akan mengirim notifikasi bahwa kualitas udara buruk. Dengan demikian, notifikasi ini mampu memandu lansia atau pengasuh lansia untuk segera melakukan tindakan pencegahan, seperti membuka jendela atau pintu rumah, serta mengaktifkan kipas angin atau

pendingin ruangan ketika kadar zat telah melampaui ambang batas aman. Apabila sensor mengalami gangguan atau kegagalan dalam mengukur kadar zat, notifikasi tersebut dapat memandu lansia atau pengasuh lansia untuk melakukan pemeriksaan teknis, seperti memasang kembali sensor yang terlepas atau menghubungkan ulang sensor yang terputus dayanya. Kemudian sistem akan melakukan pengecekan kembali mengenai daya yang terhubung pada sistem, apabila sistem masih terhubung dengan sumber daya maka sistem akan kembali melakukan pengukuran kadar zat CO dan $CO^2$, apabila sistem sudah tidak terhubung dengan sumber daya maka sistem akan berhenti.

Gambaran alur kerja sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.




Gambar 3. 3 Alur Kerja Sistem




Gambar 3. 4 Alur Kerja Sistem

### 3.4.3 Perancangan Sistem

Setelah berhasil mendefinisikan bagaimana nantinya sistem akan bekerja, langkah berikutnya adalah membuat rancangan sistem. Perancangan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia ini meliputi membuat konfigurasi pin antar komponen-kompinen dan juga membuat gambar skema sistem. Dengan membuat uraian terperinci mengenai proses perakitan seperti konfigurasi pin antar komponen dan gambar skema sistem, peneliti bertujuan untuk memastikan bahwa implementasi nyata sistem dapat selesar dengan konsep dan desain yang telah dirumuskan pada tahap ini.

Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin Sensor MQ-135

| No | Jenis Komponen | Pin Komponen | Jenis Komponen | Pin Komponen | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sensor MQ-135 | VCC | ESP32 Devkit v1 | VCC | Catu Daya |
| | | GND | | GND | Ground |
| | | AOUT | | GPIO34 | Analog Output |

Pada Tabel 3.3 telah didefiniskan konfigurasi pin untuk menghubungkan komponen sensor MQ-135 dengan ESP32 Devkit v1. Pertama yaitu hubungkan pin VCC sensor MQ-135 dengan pin VCC ESP32 melalui *breadboard*. Kemudian hubungkan pin GND sensor MQ-135 dengan pin GND ESP32 melalui *breadboard*. Selanjutnya hubungkan pin AOUT sensor MQ-135 dengan pin GPIO34 ESP32.

Tabel 3. 4 Konfigurasi Pin Sensor MQ-7

| No | Jenis Komponen | Pin Komponen | Jenis Komponen | Pin Komponen | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sensor MQ-7 | VCC | ESP32 Devkit v1 | VCC | Catu Daya |
| | | GND | | GND | Ground |
| | | AOUT | | GPIO35 | Analog Output |

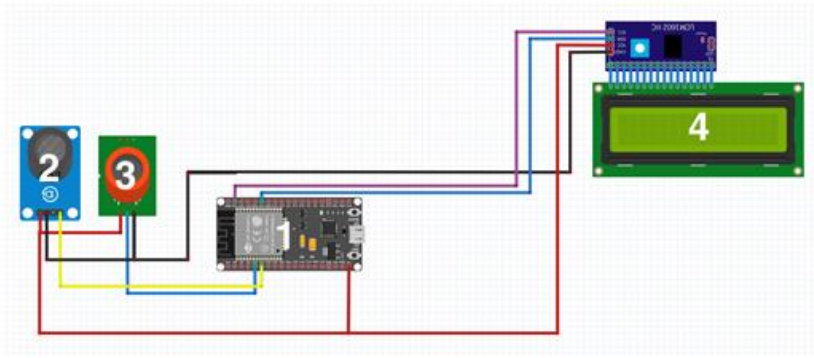
Selanjutnya adalah konfigurasi pin komponen sensor MQ-7 dengan pin ESP32 Devkit v1 yang telah didefinisikan pada Tabel 3. 4. Pertama yaitu hubungkan pin VCC sensor MQ-7 dengan pin VCC ESP32 melalui *breadboard*. Kemudian hubungkan pin GND sensor MQ-7 dengan pin GND ESP32 melalui *breadboard*. Selanjutnya hubungkan pin AOUT sensor MQ-7 dengan pin GPIO35 ESP32.

Tabel 3. 5 Konfigurasi Pin LCD I2C 16x2

| No | Jenis Komponen | Pin Komponen | Jenis Komponen | Pin Komponen | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | LCD I2C 16x2 | VCC | ESP32 Devkit v1 | VCC | Catu Daya |
| | | GND | | GND | Ground |
| | | SDA | | GPIO21 | Data SDA (I2C) |
| | | SCL | | GPIO22 | Clock SCL (I2C) |

Konfigurasi pin yang terakhir adalah konfigurasi pin komponen LCD I2C 16x2 dengan pin ESP32 Devkit v1 yang telah didefinisikan pada Tabel 3.5. Pertama yaitu hubungkan pin VCC LCD I2C 16x2 dengan pin VCC ESP32 melalui *breadboard*. Kemudian hubungkan pin GND LCD I2C 16x2dengan pin GND ESP32 melalui *breadboard*. Selanjutnya hubungkan pin SDA LCD I2C 16x2 dengan pin GPIO21 ESP32. Kemudian hubungkan pin SCL LCD I2C 16x2 dengan pin GPIO22 ESP32.

Konfigurasi antar pin komponen-komponen yang telah dibuat sebelumnya merupakan bagian dari racangan sistem yang pertama. Rancangan sistem yang terdiri dari berbagai komponen tersebut nantinya diharapkan dapat terhubung menjadi suatu sistem yang utuh yang didalamnya meliputi berbagai rangkaian masukan, proses, dan luaran. Komponen ESP32 Devkit v1 memiliki peran sebagai otak utama sistem ini, yang terhubung dengan komponen lainnya seperti sensor MQ-135, sensor MQ-7, dan LCD I2C 16x2 agar dapat mendeteksi, mengukur, dan memantau kualitas udara pada ruangan. Setelah dapat membuat konfigurasi antar komponen dan untuk mengoptimalkan kinerja sitem, diperlukan adanya integrasi yang tepat antar komponen. Langkah selanjutnya dalam membuat rancangan sistem adalah membuat gambar skemas sistem, skema sistem dapat dilihat pada Gambar 3. 5.




Descriptions:
1. ESP32 Microcontroller
2. MQ-7 Sensor
3. MQ-135 Sensor
4. LCD I2C 16X2

Gambar 3. 5 Skema Sistem

### 3.4.4 Perancangan Pengujian Sistem

Setelah berhasil membuat gambaran dan perancangan sistem, tahapan berikutnya adalah membuat rancangan untuk menguji sistem. Perancangan pengujian sistem ini memiliki dua tujuan utama. Pertama, untuk memverifikasi bahwa sistem yang telah dikembangkan dapat beroperasi dengan optimal dan memenuhi kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Kedua, untuk menganalisis tingkat keberhasilan dan presisi sistem dalam mengukur dan memantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia serta untuk mengevaluasi kinerja sistem. Setelah pengujian sistem ini dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia telah sesuai dengan rancangan.

Dalam proses pengujian sistem, beberapa aspek yang perlu diuji meliputi:

a. Kemampuan sistem untuk terhubung dengan platform Blynk guna untuk pemantauan kualitas udara dari jarak jauh.
b. Kemampuan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 pada sistem untuk mengukur kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan lansia secara real-time.
c. Memastikan notifkasi berfungsi dengan baik apabila terjadi kenaikan kadar zat CO dan $CO^2$.

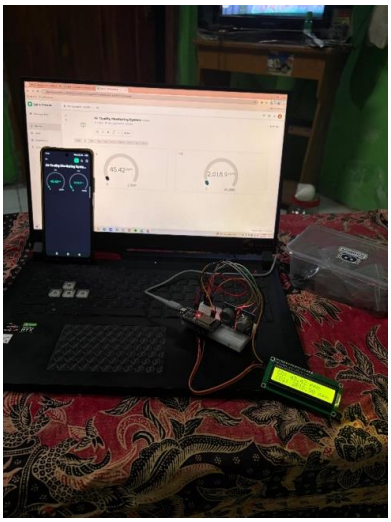
# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Hasil Penerapan Sistem

Bab ini membahas hasil penerapan sistem yang mencakup dua aspek utama, yaitu penerapan perangkat keras dan perangkat lunak. Penerapan perangkat keras meliputi proses perakitan dan pengujian komponen-komponen, seperti sensor MQ-7, sensor MQ-135, dan mikrokontroler ESP32 Devkit V1. Tahapan ini dilakukan dengan tujuan agar dapat memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan baik. Sementara itu, penerapan perangkat lunak sendiri melibatkan proses pengembangan kode program untuk mikrokontroler ESP32 Devkit V1. Kode program ini bertugas untuk membaca data sensor MQ-7 dan sensor MQ-135, mengukur kadar zat CO dan $CO^2$, kemudian mengirimkan data tersebut ke *platform* Blynk agar dapat memantau kualitas udara secara langsung. Kedua aspek utama ini dipadukan agar menghasilkan sebuah sistem yang efektif dalam melakukan pemantauan kualitas udara secara tepat dan efisien.

### 4.1.1 Hasil Penerapan Perangkat Keras

Sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 berperan sebagai pengukur kadar zat CO dan $CO^2$ dan dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 Devkit V1 untuk mengolah data hasil pengukuran tersebut. Mikrokontoler ESP32 Devkit V1 sendiri bertugas untuk memproses data dari sensor dan dikirim ke *platform* Blynk. Pada Gambar 4. 1 memperlihatkan komponen perangkat keras yang telah terkonfigurasi dan dirangkai menjadi satu kesatuan yang dapat mengukur kualitas udara, yaitu kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan.



Gambar 4. 1 Hasil Penerapan Perangkat Keras

### 4.1.2 Hasil Penerapan Perangkat Lunak

Penerapan perangkat lunak dalam sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia ini meliputi penerapan kode program mikorkontroler ESP32 Devkit V1 terhadap sensor MQ-7 dan MQ-135, LCD I2C, serta kode program terhadap Blynk. Setiap bagian memiliki fungsi penting dalam menjamin sistem bekerja dengan baik dan mampu memberikan informasi yang tepat tentang kualitas udara pada ruangan lansia secara langsung.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6Gb9ZQtzB"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Air Quality Monitoring System"

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <MQ135.h>
#include <MQ7.h>
```

Gambar 4. 2 Konfigurasi *Platform* Blynk dan *Library* Komponen

Langkah pertama adalah membuat kode program yang digunakan untuk membuat konfigurasi awal dari *platform* Blynk. Kode program ini mendefinisikan nama template dan id dari *platform* Blynk yang digunakan. Kemudian menyertakan *library* yang akan digunakan, seperti wire.h yang digunakan untuk komunikasi I2C dengan LCD. Kemudian liquidCrystal_I2C.h dan LiquidCrystal.h untuk mengendalikan layar LCD dengan antarmuka I2C. *Library* WiFi.h yang digunakan untuk menghubungkan Mikrokontroler ESP32 dengan

jaringan WiFi. Lalu ada *library* BlynkSimpleEsp32.h digunakan untuk mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan *platform* Blynk. MQ135.h dan MQ7.h adalah *library* yang terakhir, yang digunakan untuk membaca data yang dikirim oleh sensor MQ-1355 dan sensor MQ-7.

```
char auth[] = "w44auhnzLUISVIMbXEG3C4ZateI1GODZ";
char ssid[] = "Infinix NOTE 30";
char pass[] = "mbokyotukupaketan";
```

Gambar 4. 3 Token Autentikasi

Kemudian selanjutnya adalah mendefinisikan token dari *platform* Blynk menggunakan *char auth*[] guna untuk menghubungkan ESP32 dengan *platform* Blynk. Selanjutnya mendefinisikan *ssid* dan *password* menggunakan *char ssid*[] dan *char pass*[] agar mikrokontroler ESP32 Devkit V1 dapat terhubung dengan WIFI.

```
#define MQ135_PIN 34
#define MQ7_PIN 35
#define V_INPUT 5.0
```

Gambar 4. 4 Konfigurasi PIN Sensor

Setelah melakukan konfigurasi dan mendefinisikan token dari WiFi dan *platform* Blynk, langkah selanjutnya adalah melakukan konfigurasi pin yang digunakan oleh sensor. #define MQ135_PIN dan #define MQ7_PIN merupakan variabel yang menunjukkan bahwa sensor MQ-135 terhubung dengan pin GPIO34 dan sensor MQ-7 terhubung dengan pin GPIO35, pin GPIO tersebut merupakan pin analog EPS32 yang terhubung dengan sensor. Setelah itu mendefinisikan tegangan input untuk sensor MQ-7 sebesar 5Volt menggunakan #define V_INPUT 5.0.

```
#define VIRTUAL_PIN_CO V1
#define VIRTUAL_PIN_CO2 V0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
MQ135 mq135(MQ135_PIN);
MQ7 mq7(MQ7_PIN, V_INPUT);
```

Gambar 4. 5 Inisialisasi Virtual PIN Blynk dan Komponen

Setelah mendefinisikan pin dan tegangan yang diperlukan oleh sensor, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan virtual pin *platform* Blynk dan menginisialisasi komponen seperti LCD dan sensor. #define VIRTUAL_PIN_CO V1 merupakan virtual pin V1 pada

*platform* Blynk untuk menampilkan nilai CO dari sensor MQ-7. Sedangkan #define VIRTUAL_PIN_CO2 V0 merupakan virtual pin V0 pada *platform* Blynk untuk menampilkan nilai $CO^2$ dari sensor MQ-135. Kemudian menginisialisasi layar LCD dengan alamat I2C 0x27 dan ukuran layar 16x2 menggunakan fungsi LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2). Selanjutnya adalah menginisialisasi pin sensor MQ-7 dan MQ-135 serta tegangan sensor yang telah didefinisikan sebelumnya.

```
unsigned long lastSendTime = 0;
unsigned long sendDurationCO = 0;
unsigned long sendDurationCO2 = 0;
const long interval = 1000;
```

Gambar 4. 6 Interval Pengiriman Data

Selanjutnya adalah menentukan variabel global yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan dalam mengirim data ke *platform* Blynk. Variabel lastSendTime digunakan untuk menyimpan waktu terakhir pengiriman data. Kemudian sendDurationCO dan sendDurationCO2 digunakan untuk menyimpan durasi waktu pengiriman untuk sensor MQ-135 dan sensor MQ-135. Selanjutnya adalah menentukan interval pengiriman data selama 1000 milidetik (1 detik) menggunakan variabel *long interval*.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  // Initialize the LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  delay(1000); // Wait a moment for LCD to initialize
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Initializing...");
  // Connect to WiFi
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Connecting WiFi");
  WiFi.begin(ssid, pass);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(".");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi!");
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("WiFi connected");
  // Initialize Blynk
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  // Test LCD display
```

```
  delay(2000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Air Quality");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Monitoring");
  delay(2000);
}
```

Gambar 4. 7 Fungsi *Setup*

Kode program diatas merupakan komponen fungsi 'setup()' yang berfungsi untuk mempersiapkan dan mengatur parameter awal dari sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia yang akan dijalankan sekali ketika perangkat pertamakali dinyalakan. Pertama-tama mengaktifkan komunikasi serial dengan kecepatan 115200 baud yang berguna unutk debugging dan mengirim data ke komputer, selanjutnya menginisialisasi komunikasi I2C melalui *library* Wire. Setelah itu, menginisialisasi layar LCD menggunakan perintah lcd.init(), termasuk menyalakan lampu latar belakang menggunakan perintah lcd.backlight(). Selanjutnya menunggu 1 detik dengan perintah delay(1000) untuk memastikan LCD siap serta menetapkan kursor ke posisi awal (0,0), setelah itu membuat perintah lcd.print untuk menampilkan pesan ke layar LCD. Proses berlanjut dengan menghubungkan mikrokontroler ESP32 Devkit V1 dengan WIFI. Setelah terhubung ke WIFI, serial monitor dan layar LCD akan menampilkan pesan bahwa WIFI telah terhubung. Kemudian program menginisialisasi untuk terhubung dengan *platform* Blynk dengan token autentikasi, SSID, dan *password* WIFI yang telah definisikan sebelumnya. Terakhir, layar LCD menampilkan pesan "*Air Quality Monitoring*" sebagai penanda bahwa sistem telah siap untuk beroperasi. Semua kode program ini digunakan unutk menyiapkan semua komponen penting seperti layar LCD, koneksi WIFI, komunikasi serial, serta koneksi dengan perangkat lunak Blynk yang semua itu diperlukan dalam pengembangan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia.

```
void loop() {
  Blynk.run();
  if (millis() - lastSendTime >= interval) {
    lastSendTime = millis();
    sendCO();
    sendCO2();
  }
}
```

Gambar 4. 8 Fungsi *Loop*

Void loop() merupakan fungsi yang akan berjalan terus menerus untuk memastikan sistem selalu aktif dan responsif. Blynk.run() berfungsi untuk menjalankan *platform* Blynk yang telah terhubung, fungsi ini juga digunakan untuk memastikan mikrokontroler ESP32 Devkit v1 agar tetap terhubung dengan Blynk dan memproses perintah yang masuk dan mengirim data. Kemudian membuat suatu fungsi millis() – lastSendTime >= interval, yang digunakan untuk memeriksa selisih waktu sejak pengiriman data terakhir. Apabila selisih waktu melebihi dari 1 detik, maka sistem akan memanggil fungsi sendCO() dan sendCO2() untuk melakukan pengiriman data dari sensor. Fungsi sendCO() sendiri merupakan fungsi yang digunakan untuk membaca nilai zat CO dari sensor MQ-7, lalu sendCO2() merupakan fungsi yang digunakan untuk membaca nilai zat $CO^2$ dari sensor MQ-135. Hasil baca dari tiap sensor kemudian dikirm ke *platform* Blynk dan LCD I2C untuk ditampilkan. Dengan menjalakan ketiga fungsi tersebut secara berulang selama sistem masih berjalan, maka sistem dapat secara terus-menerus melakukan pemantauan kadar zat CO dan $CO^2$ secara jarak jauh menggunakan *platform* Blynk.

```
void sendCO() {
  float coLevel = mq7.getPPM();
  if (isnan(coLevel) || coLevel <= 0) {
    handleError("CO");
  } else {
    Serial.print("CO: ");
    Serial.print(coLevel);
    Serial.println(" ppm");

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("CO: ");
    lcd.print(coLevel);
    lcd.print(" ppm    ");

    unsigned long startTime = millis();
    Blynk.virtualWrite(VIRTUAL_PIN_CO, coLevel);
    Serial.printf("CO sent in %lu ms\n", sendDurationCO);

    if (coLevel >= 70){
      Blynk.logEvent("dangerous_air_warning",  "Kualitas  Udara  (CO)  pada
Ruangan anda Berbahaya");
    }
  }
  delay(1000);
}
```

Gambar 4. 9 Fungsi SendCO

Fungsi void sendCO() yang telah dipanggil pada void loop() tadi berisikan perintah yang digunakan untuk membaca nilai kadar zat CO dalam satuan *parts per million* (ppm)

menggunakan perintah mq7.getPPM(). Perintah tersebut telah diatur dalam *library* <MQ7.h> yang telah ditambahkan sebelumnya. Kemudian sistem melakukan validasi nilai dari sensor melalui perintah isnan(coLevel), perintah tersebut juga digunakan untuk memastikan nilai kadar zat CO yang terbaca apakah valid atau tidak (seperti NaN). Apabila terjadi kegagalan sensor dalam membaca kadar zat CO, maka sistem akan mengeksekusi fungsi handleEror("CO") sebagai mekanisme penanganan apabila terjadi kesalahan.

Apabila nilai kadar zat CO valid, maka hasil pembacaan nilai kadar zat CO ditampilkan ke serial monitor untuk keperluan debugging atau monitoring dan pada layar LCD yang telah terpasang serta *platform* Blynk melalui virtual pin V1, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas udara secara *real-time* dan jarak jaruh. Perintah untuk menampilkan nilai ke serial monitor menggunakan perintah Serial.print(), sedangkan perintah untuk menampilkan nilai ke layar LCD menggunakan perintah lcd.print(), kemudian perintah untuk menampilkan nilai ke *platform* Blynk menggunakan perintah Blynk.virtualWrite(). Selain itu ada fungsi yang digunakan untuk mencatat waktu awal pengiriman data dalam satuan milidetik menggunakan perintah unsigned long starTime = millis(), setelah itu membuat fungsi yang digunakan untuk menampilkan durasi selama proses pengiriman data nilai kadar zat CO melalui serial monitor menggunakan perintah Serial.printf. Kedua fungsi tersebut sangat berguna dalam proses pemantauan kinerja sistem dan untuk keperluan debugging.

Ketika sensor MQ-7 berhasil membaca nilai kadar zat CO dan kemudian tingkat CO mencapai atau melebihi ambang batas 70 ppm, Blynk akan mengirimkan notifikasi melalui *platform* Blynk menggunakan perintah Blynk.logEvent() dengan pesan "kualitas udara (CO) pada ruangan anda berbahaya". Fungsi ini diakhiri dengan menunda eksekusi program selama 1000 milidetik (1 detik) guna untuk memberikan jeda sebelum pembacaan nilai kadar zat CO berikutnya dilakukan. Dengan pemantauan secara jarak jauh serta fitur peringatan, fungsi sendCO() ini menjadi bagian penting dalam sistem pemantauan kualitas udara yang dapat memberikan informasi secara *real-time* dan peringatan dini terhadap bahaya adanya zat CO.

```
void sendCO2() {
  float co2Level = mq135.getPPM();
  if (isnan(co2Level) || co2Level <= 0) {
    handleError("CO2");
  } else {
    Serial.print("CO2: ");
    Serial.print(co2Level);
    Serial.println(" ppm");

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("CO2: ");
```

```
    lcd.print(co2Level);
    lcd.print(" ppm    ");

    unsigned long startTime = millis();
    Blynk.virtualWrite(VIRTUAL_PIN_CO2, co2Level);
    Serial.printf("CO2 sent in %lu ms\n", sendDurationCO2);

    if (co2Level >= 5000){
      Blynk.logEvent("dangerous_air_warning",  "Kualitas  Udara  (CO2)  pada
Ruangan anda Berbahaya");
    }
  }
  delay(1000);
}
```

Gambar 4. 10 Fungsi SendCO2

Fungsi void sendCO2() yang telah dipanggil pada void loop() tadi berisikan perintah yang digunakan untuk membaca nilai kadar zat $CO^2$ dalam satuan parts per million (ppm) menggunakan perintah mq135.getPPM(). Perintah tersebut telah diatur dalam *library* <MQ135.h> yang telah ditambahkan sebelumnya. Kemudian sistem melakukan validasi nilai dari sensor melalui perintah isnan(co2Level), perintah tersebut juga digunakan untuk memastikan nilai kadar zat $CO^2$ yang terbaca apakah valid atau tidak (seperti NaN). Apabila terjadi kegagalan sensor dalam membaca kadar zat $CO^2$, maka sistem akan mengeksekusi fungsi handleEror("CO2") sebagai mekanisme penanganan apabila terjadi kesalahan.

Apabila nilai kadar zat $CO^2$ valid, maka hasil pembacaan nilai kadar zat $CO^2$ ditampilkan ke serial monitor untuk keperluan debugging atau monitoring dan pada layar LCD yang telah terpasang serta *platform* Blynk melalui virtual pin V0, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas udara secara *real-time* dan jarak jaruh. Perintah untuk menampilkan nilai ke serial monitor menggunakan perintah Serial.print(), sedangkan perintah untuk menampilkan nilai ke layar LCD menggunakan perintah lcd.print(), kemudian perintah untuk menampilkan nilai ke *platform* Blynk menggunakan perintah Blynk.virtualWrite(). Selain itu ada fungsi yang digunakan untuk mencatat waktu awal pengiriman data dalam satuan milidetik menggunakan perintah unsigned long starTime = millis(), setelah itu membuat fungsi yang digunakan untuk menampilkan durasi selama proses pengiriman data nilai kadar zat $CO^2$ melalui serial monitor menggunakan perintah Serial.printf. Kedua fungsi tersebut sangat berguna dalam proses pemantauan kinerja sistem dan untuk keperluan debugging.

Ketika sensor MQ-135 membaca nilai kadar zat $CO^2$ dan kemudian tingkat $CO^2$ mencapai atau melebihi ambang batas 5000 ppm, Blynk akan mengirimkan notifikasi melalui *platform* Blynk menggunakan perintah Blynk.logEvent() dengan pesan "kualitas udara ($CO^2$)

pada ruangan anda berbahaya". Fungsi ini diakhiri dengan menunda eksekusi program selama 1000 milidetik (1 detik) guna untuk memberikan jeda sebelum pembacaan nilai kadar zat $CO^2$ berikutnya dilakukan. Dengan pemantauan secara jarak jauh serta fitur peringatan, fungsi sendCO() ini menjadi bagian penting dalam sistem pemantauan kualitas udara yang dapat memberikan informasi secara *real-time* dan peringatan dini terhadap bahaya adanya zat $CO^2$.

```
void handleError(const char* sensor) {
  if (strcmp(sensor, "CO") == 0) {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("CO: Error     ");
  } else if (strcmp(sensor, "CO2") == 0) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("CO2: Error    ");
  }
  Blynk.logEvent("dangerous_air_warning", String(sensor) + " Sensor Error");
}
```

Gambar 4. 11 Fungsi *Error Handling*

Kode program yang terakhir adalah membuat fungsi yang digunakan untuk menangani kesalahan pada saat pembacaan sensor menggunakan perintah handleError(). Fungsi tersebut akan dipanggil ketika sensor gagal membaca kadar zat CO dan CO2 atau berhasil membaca namun nilai tersebut tidak valid. Fungsi tersebut digunakan pada perintah sendCO() dan sendCO2(). Jika tejadi kegagalan sensor dalam membaca nilai kadar zat CO dan CO2, maka sistem akan menampilkan pesan eror di layar LCD dan *platform* Blynk, *platform* Blynk juga akan mengirimkan notifikasi bahwa sensor eror.

## 4.2 Pengujian

Pada pengujian yang akan dilakukan nanti menggunakan metode *black box*. Metode *black box* ini merupakan metode evaluasi perangkat lunak yang dilakukan tanpa mengetahui mekanisme internal aplikasi yang diuji (Dhaifullah dkk., 2022). Metode ini juga dikenal sebagai pengujian yang berfokus pada pengujian fungsional sistem. Dalam pendekatan ini, penguji tidak memiliki pengetahuan tentang struktur internal atau cara kerja sistem yang sedang dievaluasi. Fokus utamanya adalah menguji fungsionalitas dan respons aplikasi terhadap berbagai input, tanpa perlu memahami kode atau logika pemrograman dibaliknya.

### 4.2.1 Pengujian Transmisi Data ke Blynk

Pengujian transmisi data ke *platform* Blynk ini bertujuan untuk mengevaluasi durasi waktu yang dibutuhkan oleh mikrokontroler ESP32 dalam proses penerimaan data dari sensor hingga pengiriman data ke *platform* Blynk. Fokus utama pengujian ini adalah untuk memastikan apakah sistem dapat memenuhi standar transmisi data secara *real-time*. Berdasarkan penuturan dari TIPHON, terdapat 4 kategori jeda pengukuran data menggunakan satuan milidetik, yaitu kategori sangat baik dengan besaran jeda <150, lalu kategori baik dengan jeda 150-300, kategori sedang dengan jeda 300-450, dan terakhir ada kategori kurang baik dengan besaran jeda >450 (Ichsan, 2022). Proses pengujian ini melibatkan pengukuran interval waktu antara pengiriman data oleh sensor dan penerimaan data pada *platform* Blynk, dengan memanfaatkan kecepatan rata-rata koneksi internet sebesar 30 Mbps. Perlu diperhatikan bahwa hasil pengujian ini dapat menunjukkan variasi tergantung pada posisi geografis lokasi pengujian. Beberapa faktor seperti jarak dan kualitas koneksi internet di lokasi pengujian memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap durasi transmisi data ini. Hasil pengujian yang tersaji pada Tabel 4. 1 menunjukkan variasi nilai yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh tingkat kestabilan jaringan internet di lokasi pengujian. Mengacu pada standarisasi kategori jeda pengukuran data yang telah ditetapkan oleh TIPHON, hasil pengujian transmisi data ke *platform* Blynk ini dapat dikategorikan sangat baik, karena berhasil mencatatkan nilai di bawah 150 milidetik. Hasil ini membuktikan bahwa implementasi *platform* Blynk pada sistem pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia yang dikembangkan telah berfungsi dengan sangat efektif, hal ini menunjukkan juga bahwa pemantauan kualitas udara dapat dilakukan secara jarak jauh.

Tabel 4. 1 Transmisi Data ke *Platform* Blynk

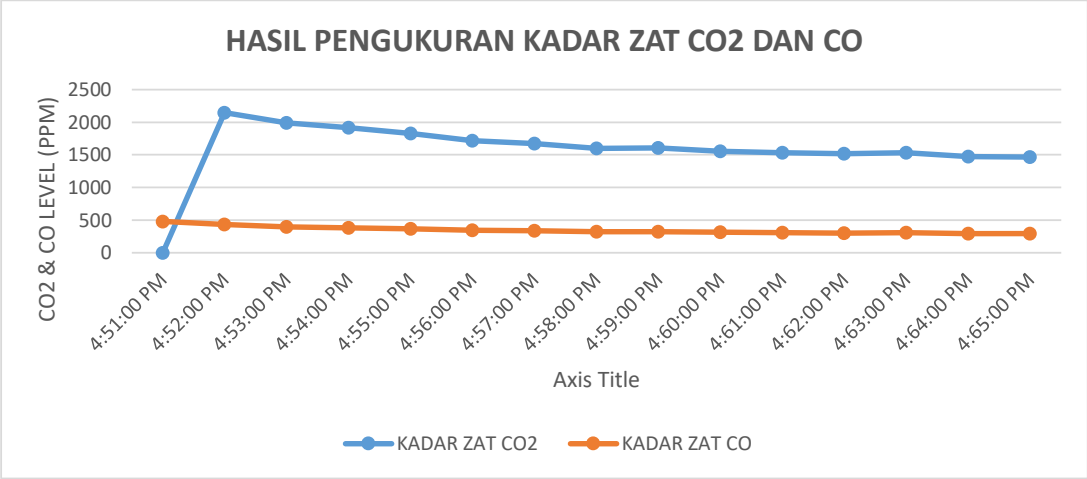
| Pengiriman data oleh sensor | Penerimaan data oleh Blynk | Besaran jeda (milidetik) |
|---|---|---|
| Data 1 pukul 21.01.00 | 1 | 2 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.01 | 1 | 3 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.02 | 1 | 51 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.03 | 1 | 3 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.04 | 1 | 51 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.05 | 1 | 3 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.06 | 1 | 51 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.07 | 1 | 3 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.08 | 1 | 51 milidetik |
| Data 1 pukul 21.01.09 | 1 | 2 milidetik |

### 4.2.2 Pengujian Kadar Zat CO dan $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-135

Pengujian ini bertujuan untuk membaca nilai kadar zat CO dan $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 serta guna untuk mengevaluasi keakuratan dan kestabilan pengukuran sensor MQ-135 dalam membaca nilai kadar zat CO dan $CO^2$. Pada pengujian sensor akan dilakukan dua pengujian berbeda, pengujian pertama dilakukan terhadap satu lansia yang sedang berada pada sebuah ruangan, sedangkan pengujian kedua dilakukan terhadap tiga lansia yang berada pada satu ruangan yang sama. Pengujian pertama dilakukan bersama dengan Ibu Kemih yang sudah berusia 73 tahun. Pengujian ini berlangsung selama 15 menit pada pukul 04.51 – 05.05 PM dengan sistem dan alat yang ditempatkan pada ruangan lansia berukuran 4 x 5 meter. Data hasil pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4. 12.

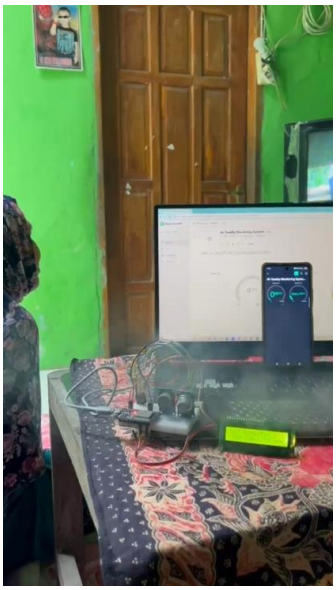
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Kadar Zat CO dan $CO^2$ Terhadap Satu Lansia

| **Waktu (Menit)** | **Kadar Zat $CO^2$ (PPM)** | **Kadar Zat CO (PPM)** |
|---|---|---|
| 4:51:00 PM | 2402,261522 | 480,4515217 |
| 4:52:00 PM | 2147,566833 | 429,5131667 |
| 4:53:00 PM | 1987,810833 | 397,5631667 |
| 4:54:00 PM | 1917,907833 | 383,5825 |
| 4:55:00 PM | 1831,5865 | 366,3173333 |
| 4:56:00 PM | 1717,152 | 343,4303333 |
| 4:57:00 PM | 1669,389 | 333,8781667 |
| 4:58:00 PM | 1596,865 | 319,3736667 |
| 4:59:00 PM | 1602,917667 | 320,5838333 |
| 4:60:00 PM | 1558,463167 | 311,6935 |
| 4:61:00 PM | 1532,3085 | 306,4616667 |
| 4:62:00 PM | 1518,327333 | 303,6653333 |
| 4:63:00 PM | 1536,110833 | 307,222 |
| 4:64:00 PM | 1471,174333 | 294,2338333 |
| 4:65:00 PM | 1467,813833 | 293,5621667 |




Gambar 4. 12 Grafik Pengukuran Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Satu Lansia

Berdasarkan pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ pada Tabel 4. 2 hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat CO sebesar 346,1021459 PPM sedangkan zat $CO^2$ yang terdeteksi sebesar 1730,510346 PPM. Dengan kadar zat CO terendah sebesar 307,222 PPM dan $CO^2$ terendah sebesar 1532,3085 PPM, sedangkan kadar CO tertinggi sebesar 480,4515217 PPM dan 2402,261522 PPM sebagai kadar zat $CO^2$ tertinggi selama pengujian. Pada pukul 4:51:00 PM, sensor MQ-135 diposisikan di dekat salah satu sumber zat CO dan $CO^2$, yaitu asap yang berasal dari rokok. Akibatnya, terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada kadar zat CO dan $CO^2$ yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Berikut merupakan gambar 4.13 yang menunjukkan pengujian sensor MQ-135 dengan asap rokok.

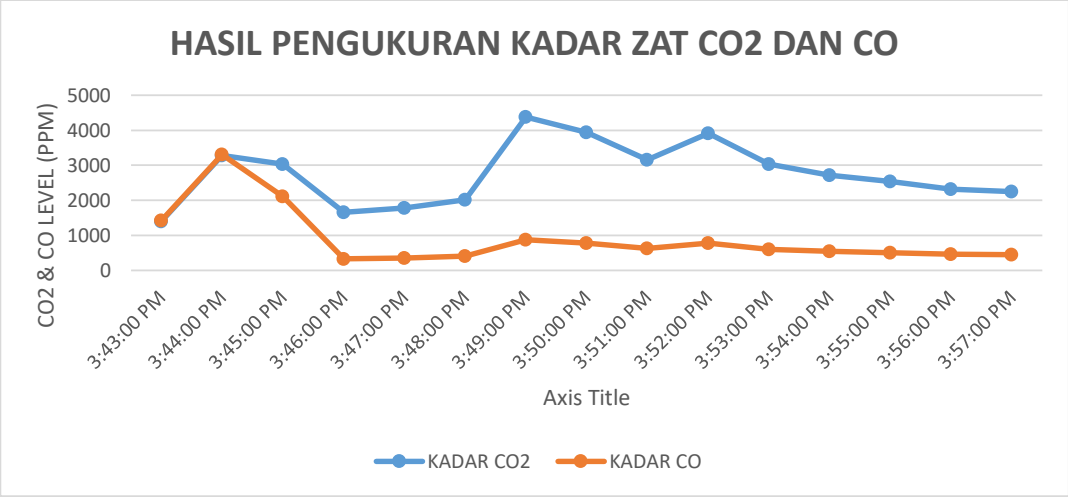


Gambar 4. 13 Pengujian Sensor dengan Asap Rokok Terhadap Satu Lansia

Pengujian selanjutnya dilakukan bersama dengan tiga lansia yaitu, ibu Kemih yang sudah berusia 73 tahun, kemudian ibu Ikem yang berusia 80 tahun, dan ibu Tama yang berusia 60 tahun. Pengujian ini berlangsung selama 15 menit pada pukul 3.34 – 3.57 PM dengan sistem dan alat yang ditempatkan pada ruangan lansia berukuran 4 x 5 meter. Data hasil pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 dapat dilihat pada Tabel 4. 3 dan Gambar 4. 14.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Tiga Lansia

| **Waktu (Menit)** | **Kadar Zat $CO^2$ (PPM)** | **Kadar Zat CO (PPM)** |
|---|---|---|
| 3:43:00 PM | 1403,742308 | 1428,684615 |
| 3:44:00 PM | 3281,1348 | 3306,0812 |
| 3:45:00 PM | 3028,259355 | 2117,695484 |
| 3:46:00 PM | 1658,308125 | 331,661875 |
| 3:47:00 PM | 1782,0532 | 356,41 |
| 3:48:00 PM | 2013,753667 | 402,7515 |
| 3:49:00 PM | 4377,0665 | 875,4131667 |
| 3:50:00 PM | 3942,350545 | 785,4021818 |
| 3:51:00 PM | 3160,36 | 632,0711667 |
| 3:52:00 PM | 3905,888667 | 781,1786667 |
| 3:53:00 PM | 3032,770333 | 606,5535 |
| 3:54:00 PM | 2714,2715 | 542,8541667 |
| 3:55:00 PM | 2544,6645 | 508,9321667 |
| 3:56:00 PM | 2321,148167 | 464,2295 |
| 3:57:00 PM | 2246,597667 | 449,3191667 |




Gambar 4. 14 Grafik Pengukuran Kadar Zat $CO^2$ dan CO

Berdasarkan pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ pada Tabel 4.3, hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat CO sebesar 346,1021459 PPM sedangkan zat $CO^2$ yang terdeteksi sebesar 2760,824622 PPM. Dengan kadar zat CO terendah sebesar 905,9492237 PPM dan $CO^2$ terendah sebesar 1403,742308 PPM, sedangkan kadar CO tertinggi sebesar 2117,695484 PPM dan 3942,350545 PPM sebagai kadar zat $CO^2$ tertinggi selama pengujian. Pada pukul 3:50:00 PM, sensor MQ-135 diposisikan di dekat salah satu sumber zat CO dan $CO^2$, yaitu asap yang berasal dari rokok. Akibatnya, terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada kadar zat CO dan $CO^2$ yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Berikut merupakan Gambar 4. 15 yang menunjukkan pengujian sensor MQ-135 dengan asap rokok.

Gambar 4. 15 Pengujian Sensor dengan Asap Rokok Terhadap Tiga Lansia

Berdasarkan paparan Hardiyan & Zulistyawan (2023) zat $CO^2$ sendiri memiliki 3 ambang batas, yaitu ambang batas aman berada pada < 5000 PPM, kemudian ambang batas berbahaya berada antara 5000-40000 PPM, dan terakhir ambang batas fatal berada pada > 40000 PPM sedangkan menurut Menurut WHO (1999), batas pemaparan CO pada manusia yaitu 80 ppm untuk 15 menit, 48 ppm untuk 30 menit, 24 ppm untuk 1 jam, dan 8 ppm untuk 8 jam (Khairina Mahda, 2019). Ketika penggunan sensor MQ-135 digunakan untuk mengukur dua kadar zat dalam suatu ruangan terdapat hasil yang tidak akurat pada salah satu kadar zat yang dibacanya, pada pengujian kali ini sensor MQ-135 cukup akurat dalam mengukur zat $CO^2$ tetapi kurang akurat ketika mengukur kadar zat CO, hal tersebut dibuktikan pada tabel 4. 3 yang seluruh hasil pengujian terhadap kadar zat CO melebihi ambang batas aman. Maka dapat disimpulkan bahwa sensor MQ-135 dapat mengukur kadar zat CO dan $CO^2$ pada suatu ruangan, tetapi sangat kurang efektif dalam keakuratan dan kestabilan sensor tersebut ketika digunakan untuk mengukur dua kadar zat dalam satu waktu.

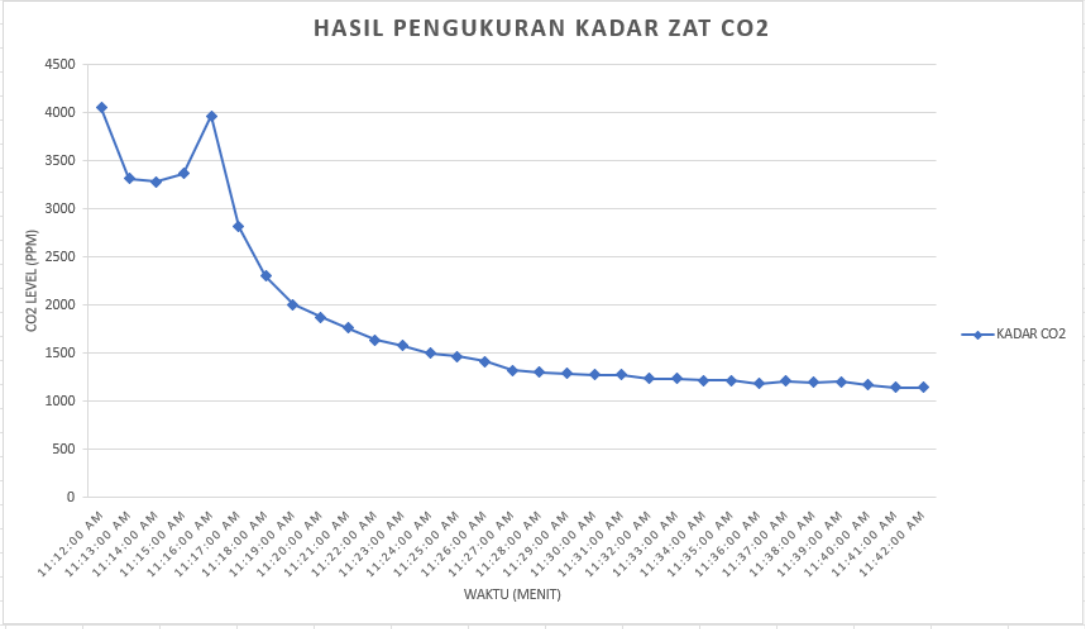
### 4.2.3 Pengujian Zat CO dan $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-7 dan Sensor MQ-135

Pengujian ini bertujuan untuk membaca nilai kadar zat CO menggunakan sensor MQ-7 dan membaca nilai kadar kadar zat CO2 menggunakan sensor MQ-135 serta guna untuk mengevaluasi keakuratan dan kestabilan pengukuran pada kedua sensor dalam membaca nilai kadar zat CO dan $CO^2$. Pada pengujian sensor akan dilakukan dua pengujian berbeda, pengujian pertama dilakukan terhadap satu lansia yang sedang berada pada sebuah ruangan, sedangkan pengujian kedua dilakukan terhadap tiga lansia yang berada pada satu ruangan yang sama. Pengujian pertama dilakukan bersama dengan Ibu Kemih yang sudah berusia 73 tahun. Pengujian ini berlangsung selama 30 menit pada pukul 11.12 – 11.42 AM untuk pengujian kadar zat $CO^2$ dengan menggunakan sensor MQ-135. Sistem dan alat akan ditempatkan pada ruangan lansia berukuran 4 x 5 meter. Data hasil pengujian kadar zat CO menggunakan sensor MQ-7 dapat dilihat pada Tabel 4. 4 dan Gambar 4. 17 serta data hasil pengujian kadar zat $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 dapat dilihat pada tabel dan gambar. Selain menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135, pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ ini juga menggunakan nilai rentang pengukuran dari alat Testo 315-3 dijadikan pembanding dari hasil pengukuran sensor. Untuk zat CO dan $CO^2$, Testo 315-3 ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 100 PPM (testo, 2024).

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ Menggunakan Sensor MQ-135 Terhadap Satu Lansia

| **Waktu (Menit)** | **Kadar Zat $CO^2$ (PPM) – Sensor MQ-135** | **TESTO 315-3** |
|---|---|---|
| 11:12:00 AM | 4048.766429 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:13:00 AM | 3311.836034 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:14:00 AM | 3278.764532 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:15:00 AM | 3365.897654 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:16:00 AM | 3961.797759 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:17:00 AM | 2816.421579 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:18:00 AM | 2303.183966 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:19:00 AM | 2004.891897 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:20:00 AM | 187.394569 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:21:00 AM | 1764.623621 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:22:00 AM | 1634.252241 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:23:00 AM | 1580.795862 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:24:00 AM | 1500.240175 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:25:00 AM | 1469.718448 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:26:00 AM | 141.121431 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:27:00 AM | 132.251614 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:28:00 AM | 1303.191034 | Masih dalam rentang pengukuran |

| Waktu (Menit) | Kadar Zat $CO^2$ (PPM) – Sensor MQ-135 | TESTO 315-3 |
|---|---|---|
| 11:29:00 AM | 1292.343276 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:30:00 AM | 1274.692241 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:31:00 AM | 1278.554138 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:32:00 AM | 1236.748947 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:33:00 AM | 1237.198621 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:34:00 AM | 1220.178103 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:35:00 AM | 1215.386552 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:36:00 AM | 1187.433621 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:37:00 AM | 1213.169138 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:38:00 AM | 1198.845965 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:39:00 AM | 120.135931 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:40:00 AM | 1170.617069 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:41:00 AM | 1144.248793 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 11:42:00 AM | 1145.414138 | Masih dalam rentang pengukuran |

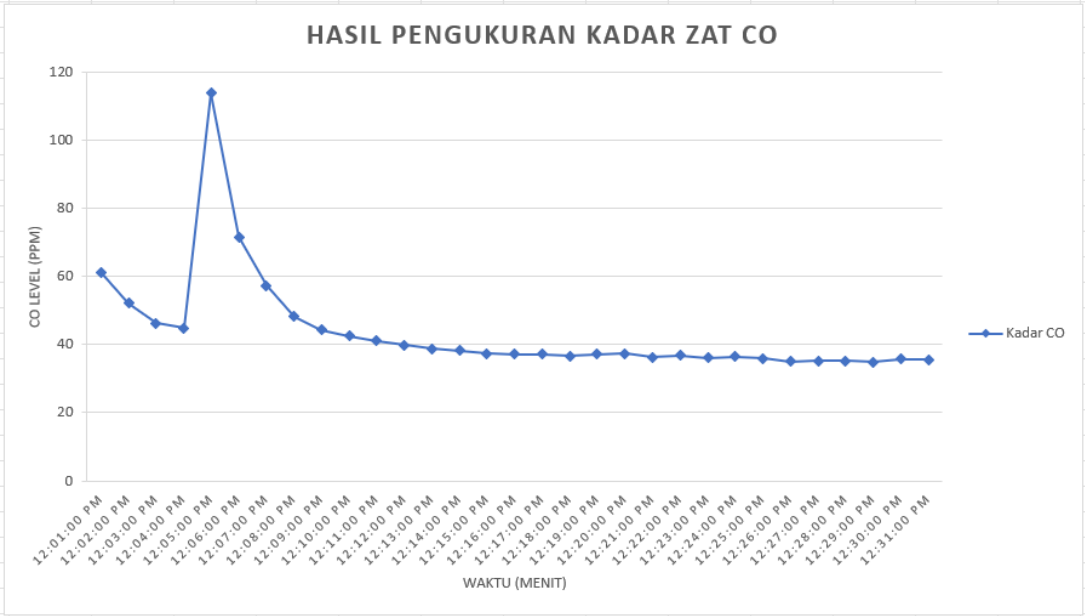



Gambar 4. 16 Grafik pengukuran Zat CO2

Pengujian selanjutnya yaitu menguji kadar zat CO dengan menggunakan MQ-7 pada pukul 12.01 – 12.31 PM. Sistem dan alat akan ditempatkan pada ruangan lansia berukuran 4 x 5 meter. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.18.

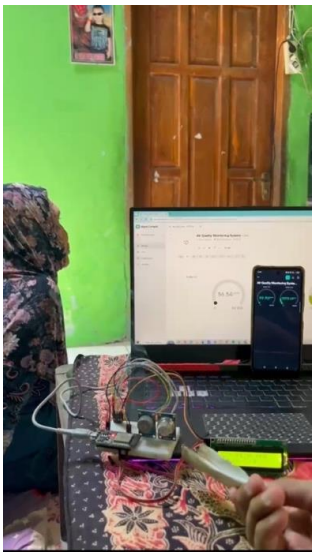
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Zat CO Menggunakan Sensor MQ-7 Terhadap Satu Lansia

| Waktu (Menit) | Kadar Zat CO (PPM) – Sensor MQ-7 | TESTO 315-3 |
|---|---|---|
| 12:01:00 PM | 61.1622807 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:02:00 PM | 52.13172414 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:03:00 PM | 46.17465517 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:04:00 PM | 44.82898305 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:05:00 PM | 113.8189091 | > 13 PPM |
| 12:06:00 PM | 71.55375 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:07:00 PM | 57.33810345 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:08:00 PM | 48.21862069 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:09:00 PM | 44.29637931 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:10:00 PM | 42.56983051 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:11:00 PM | 41.10241379 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:12:00 PM | 39.88534483 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:13:00 PM | 38.75413793 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:14:00 PM | 38.29913793 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:15:00 PM | 37.37758621 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:16:00 PM | 37.13655172 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:17:00 PM | 37.08431034 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:18:00 PM | 36.56 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:19:00 PM | 37.08534483 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:20:00 PM | 37.38655172 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:21:00 PM | 36.35655172 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:22:00 PM | 36.74293103 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:23:00 PM | 36.10482759 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:24:00 PM | 36.44051724 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:25:00 PM | 36.00896552 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:26:00 PM | 35.08830508 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:27:00 PM | 35.2512069 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:28:00 PM | 35.16017241 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:29:00 PM | 34.77793103 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:30:00 PM | 35.67241379 | Masih dalam rentang pengukuran |
| 12:31:00 PM | 35.52724138 | Masih dalam rentang pengukuran |



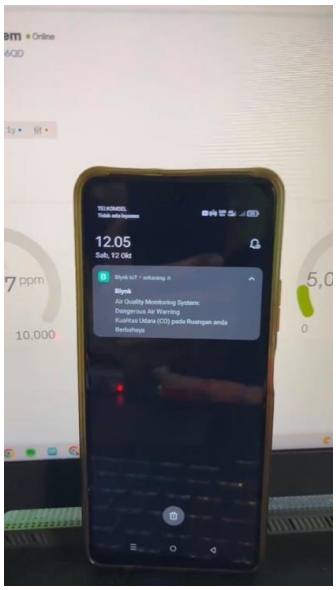

Gambar 4. 17 Grafik Pengukuran Kadar Zat CO

Berdasarkan pengujian kadar zat $CO^2$ pada Tabel 4.2, hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat $CO^2$ yang terdeteksi sebesar 1805.43 PPM. Dengan kadar zat $CO^2$ terendah sebesar 4048.766429 PPM dan 1144.248793 PPM sebagai kadar zat $CO^2$ tertinggi selama pengujian. Sedangkan pengujian kadar zat CO pada Tabel 4.3, hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat CO yang terdeteksi sebesar 46.04443293 PPM. Dengan kadar zat CO terendah sebesar 34.77793103 PPM dan 113.8189091 sebagai kadar zat CO tertinggi selama pengujian berlangsung. Pada pukul 12:05:00 PM, sensor MQ-7 diposisikan di dekat salah satu sumber zat CO, yaitu asap yang berasal dari pembakaran sampah. Akibatnya, terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada kadar zat CO yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Berikut merupakan Gambar 4. 19 yang menunjukkan pengujian sensor MQ-7 dengan asap dari pembakaran sampah.



Gambar 4. 18 Pengujian Sensor Terhadap Satu Lansia

Karena kadar zat CO meningkat, maka *platform* Blynk mengirimkan notifikasi "Kualitas udara (CO) pada ruangan anda berbahaya, segera buka pintu/jendela atau nyalakan Kipas/AC anda" yang dapat dilihat pada Gambar 4.20. Dengan demikian, notifikasi ini mampu memandu lansia atau pengasuh lansia untuk segera melakukan tindakan pencegahan, seperti membuka jendela atau pintu rumah, serta mengaktifkan kipas angin atau pendingin ruangan ketika kadar zat telah melampaui ambang batas aman. Apabila sensor mengalami gangguan atau kegagalan dalam mengukur kadar zat, notifikasi tersebut dapat memandu lansia atau pengasuh lansia untuk melakukan pemeriksaan teknis, seperti memasang kembali sensor yang terlepas atau menghubungkan ulang sensor yang terputus dayanya.

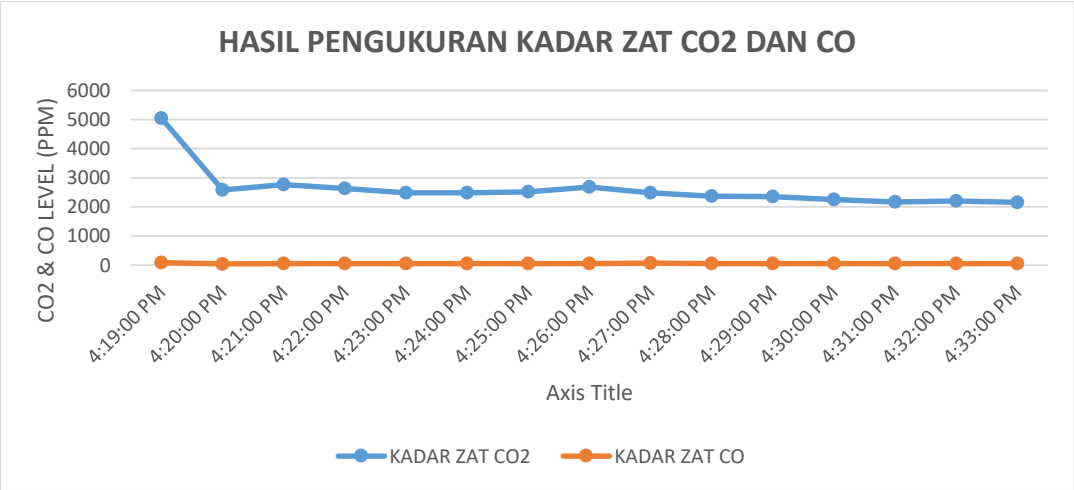



Gambar 4. 19 Notifikasi *Platform* Blynk

Pengujian selanjutnya dilakukan bersama dengan tiga lansia yaitu, ibu Kemih yang sudah berusia 73 tahun, kemudian ibu Ikem yang berusia 80 tahun, dan ibu Tama yang berusia 60 tahun. Pengujian ini berlangsung selama 15 menit pada pukul 4.19 – 4.33 PM dengan sistem dan alat yang ditempatkan pada ruangan lansia berukuran 4 x 5 meter. Data hasil pengujian kadar zat CO dengan menggunakan sensor MQ-7 dan $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 dapat dilihat pada Tabel 4.6 danGambar 4. 21.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kadar Zat $CO^2$ dan CO Terhadap Tiga Lansia

| **WAKTU** | **KADAR ZAT $CO^2$ (PPM) – Sensor MQ-135** | **KADAR ZAT CO (PPM) – Sensor MQ-7** |
|---|---|---|
| 4:19:00 PM | 5047 | 85 |
| 4:20:00 PM | 2576,96963 | 42,90703704 |
| 4:21:00 PM | 2762,477407 | 44,73 |
| 4:22:00 PM | 2630,085185 | 47,67888889 |
| 4:23:00 PM | 2491,265357 | 46,85703704 |
| 4:24:00 PM | 2486,462963 | 55,92074074 |
| 4:25:00 PM | 2522,127407 | 59,96185185 |
| 4:26:00 PM | 2683,472593 | 47,355 |
| 4:27:00 PM | 2485,733704 | 65,10407407 |
| 4:28:00 PM | 2365,122857 | 57,87185185 |
| 4:29:00 PM | 2359,272222 | 55,41214286 |
| 4:30:00 PM | 2254,987037 | 53,89333333 |
| 4:31:00 PM | 2169,278148 | 52,14740741 |
| 4:32:00 PM | 2197,235357 | 51,48296296 |
| 4:33:00 PM | 2156,653333 | 51,76555556 |

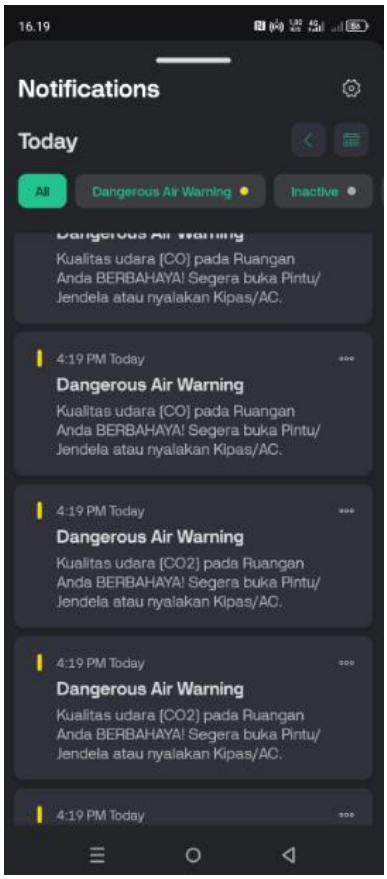



Gambar 4. 20 Grafik pengukuran Kadar Zat CO2 dan CO Terhadap Tiga Lansia

Berdasarkan pengujian kadar zat CO dan Co2 pada Tabel 4. 6 hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat CO yang terdeteksi sebesar 54,53919224 PPM dan rat-rata kadar zat $CO^2$ terdeteksi sebesar 2612,54288 PPM. Meskipun demikian, semua hasil pengujian tersebut sesuai dengan ambang batas aman kadar zat CO. Berdasarkan paparan Hardiyan & Zulistyawan (2023), zat $CO^2$ sendiri memiliki 3 ambang batas, yaitu ambang batas aman berada pada < 5000 PPM, kemudian ambang batas berbahaya berada antara 5000-40000 PPM, dan terakhir ambang batas fatal berada pada > 40000 PPM sedangakan menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, CO memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) sebesar 25 PPM. Sehingga hasil pengujian kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan lansia tergolong dalam batas aman.

Gambar 4. 21 Pengujian Sensor Terhadap Tiga Lansia

Karena kadar zat CO meningkat, maka *platform* Blynk mengirimkan notifikasi "Kualitas udara (CO) pada ruangan anda berbahaya, segera buka pintu/jendela atau nyalakan Kipas/AC anda" yang dapat dilihat pada Gambar 4. 23. Dengan demikian, notifikasi ini mampu memandu lansia atau pengasuh lansia untuk segera melakukan tindakan pencegahan, seperti membuka jendela atau pintu rumah, serta mengaktifkan kipas angin atau pendingin ruangan ketika kadar zat telah melampaui ambang batas aman. Apabila sensor mengalami gangguan atau kegagalan dalam mengukur kadar zat, notifikasi tersebut dapat memandu lansia atau pengasuh lansia untuk melakukan pemeriksaan teknis, seperti memasang kembali sensor yang terlepas atau menghubungkan ulang sensor yang terputus dayanya.



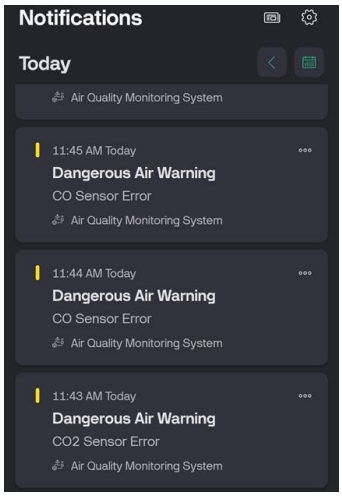

Gambar 4. 22 Notifikasi *Platform* Blynk

Berdasarkan hasil pengujian kadar zat CO menggunakan sensor MQ-7 dan pengujian kadar zat $CO^2$ menggunakan sensor MQ-135 dapat disimpulkan bahwa kedua sensor memiliki tingkat keakuratan dan kestabilan yang cukup baik dalam mengukur kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan lansia. Terdapat perbedaan ketika pengujian dilakukan terhadap satu lansia dalam satu ruangan dengan pengujian tiga lansia yang berada dalam satu ruangan, lansia yang hanya sendiri dalam satu ruangan mendapatkan rata-rata kadar zat $CO^2$ sebesar 1805.43 PPM dan rata-rata kadar zat CO yang terdeteksi sebesar 46.04443293 PPM sedangkan tiga lansia yang berada pada ruangan yang sama mendapatkan rat-rata rata kadar zat CO sebesar 54,53919224 PPM dan rat-rata kadar zat $CO^2$ sebesar 2612,54288 PPM.

### 4.2.4 Pengujian Penanganan Eror Sensor

Gambar 4. 23 Pengujian Penanganan Eror Sensor

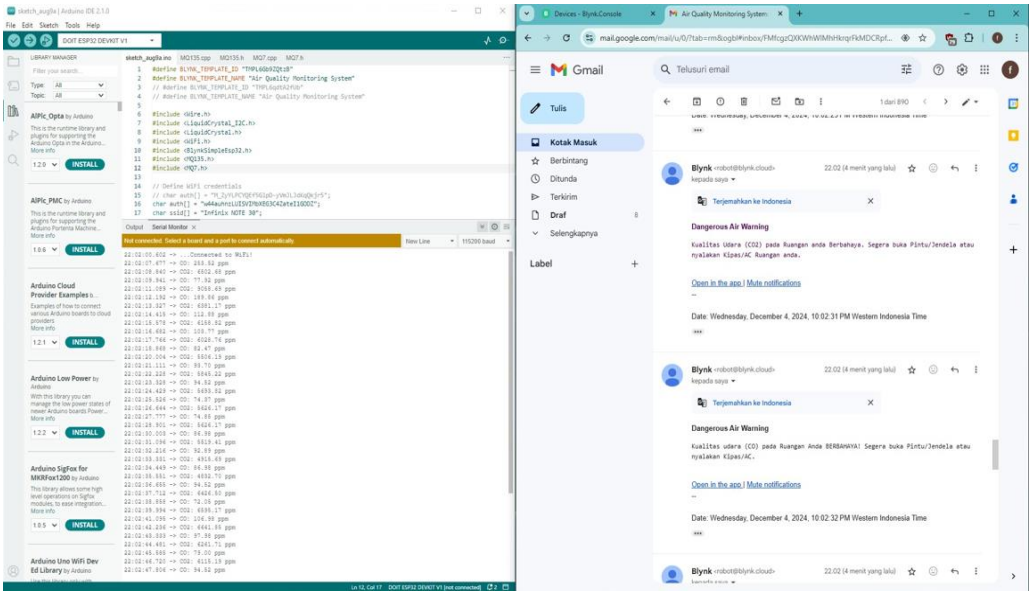
Pengujian penanganan eror sensor ini bertujuan untuk menangani kesalahan pada saat pembacaan sensor. Ketika sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 gagal membaca nilai kadar zat CO dan $CO^2$ maupun nilai yang dibaca tidak valid atau sensor eror karena hal lain, maka sistem akan menampilkan pesan eror pada layar LCD, kemudian *platform* Blynk juga akan mengirimkan notifikasi bahwa sensor eror. Tujuan utama dari pengujian ini adalah agar pengguna mengetahui apabila terjadi kesalahan pada sensor tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan cara melepas sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 pada papan *breadboard*, yang dapat dilihat pada Gambar 4.23. Ketika sensor dicabut pada papan *breadboard*, layar LCD akan langsung menampilkan pesan eror, kemudian *platform* Blynk juga mengirimkan notifikasi bahwa terjadi eror pada sensor, notifikasi pesan eror pada *platform* Blynk dapat dilihat pada Gambar 4.23.




Gambar 4. 24 Notifikasi Eror *Platform* Blynk

### 4.2.5 Pengujian Transmisi Notifikasi

Berdasarkan ambang batas yang telah dipaparkan sebelumnya, ketika kadar CO maupun $CO^2$ melebihi ambang batas maka Blynk akan mengirimkan notifikasi dapat dilihat pada Gambar 4. 25.




Gambar 4. 25 Transmisi Notofikasi

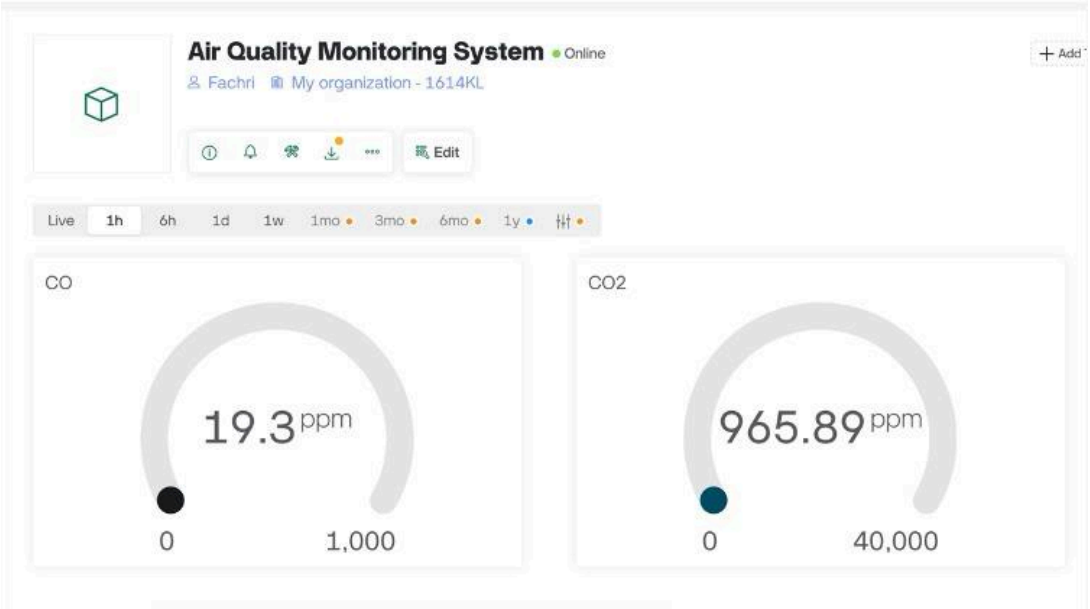
Berdasarkan Gambar 4.25 Kadar $CO^2$ pada pukul 22:02:31 menunjukkan sebesar 5519.41 PPM dan kadar CO pada pukul 22:02:32 menunjukkan sebesar 92.89 PPM, hasil dari pengujian dua kadar tersebut menunjukan bahwa kadar zat yang berada pada ruangan tersebut melebihi

batas aman, kemudain Blynk akan mengirimkan notifikasi karena kadar $CO^2$ melibihi ambang batas pada pukul 10:02:31 PM dan Blynk mengirimkan notifikasi karena kadar CO melibihi ambang batas pada pukul 10:02:32 PM. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Blynk dapat mengirimkan notifikasi dengan cepat dan tepat sesuai dengan sistem yang telah dirancang.

### 4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari serangkaian pengujian yang telah dilaksanakan yaitu kketika sistem diletakan pada ruangan lansia, sistem menunjukkan pemantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia ini dapat beroperasi dengan sangat baik dan tepat guna sesuai dengan rancangan awal. Melalui implementasi pengujian *black box*, ditemukan hasil yang memuaskan dalam berbagai parameter pengujian, seperti pungukuran sensor yang sangat baik, kestabilan dalam transmisi data, dan aksesibilitas pengguna. Adapun parameter pengujian yang utama adalah keakuratan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 dalam mengukur kadar zat CO dan $CO^2$ serta transmisi data ke *platform* Blynk secara *real-time.* Ketika sensor MQ-7 dan MQ-135 diuji dengan salah satu sumber CO dan $CO^2$, sensor secara konsisten mengahasilkan nilai pengukuran yang akurat dan stabil sesuai dengan rentang pengukuran dan ambang batas aman. Selain itu, komponen mikrokontroler ESP32 Devkit V1 dapat memproses dan mengirimkan data dari hasil pembacaan tiap sensor. Selama pengujian, sistem ini dapat mempertahankan koneksi internet yang stabil, sehingga data dapat dikirm ke *platform* Blynk secara *real-time*.

Integrasi LCD I2C 16x2 dengan *platform* Blynk menunjukkan hasil pengujian yang sangat baik. Dari hasil pengujian, *platform* Blynk berhasil mengirimkan notifikasi apabila terjadi kenaikan kadar zat CO dan $CO^2$, serta platform Blynk ini juga dapat mengirimkan notifikasi secara *real-time* apabila sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 gagal dalam mengukur kadar zat CO dan $CO^2$ maupun terjadi eror pada sensor karena hal lain. Hal ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memantau tingkat kualitas udara pada ruangan lansia. Dengan proses transmisi data yang cukup baik dan juga periode jeda tiap pengukuran selama 1 detik, data yang dihasilkan menjadi lebih jelas dan memungkinkan pemantauan kualitas udara dari jarak jauh melalui *smartphone*. Gambar 4. 24 menunjukkan tampilan visualisasi data menggunakan *platform* Blynk.




Gambar 4. 26 Tampilan Visualisasi Data *Platform* Blynk

Meskipun berbagai pengujian menunjukkan hasil yang positif, sistem ini masih memiliki sejumlah keterbatasan, terutama sistem ini masih bergantung pada koneksi internet. Ketika koneksi internet mengalami gangguan atau tidak dapat diandalkan, maka pengukuran kadar zat CO dan $CO^2$ dapat mengalami hambatan. Selain itu, dibutuhkan pemeliharaan secara berkala untuk dapat mengoptimalkan kinerja alat serta menghindari kesalahan pengukuran maupun kerusakan pada alat. Namun demikian, secara keseluruhan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mempu melakukan pengukuran kadar zat CO dan $CO^2$ pada ruangan dengan sangat akurat. Penggunaan LCD yang dipadukan dengan *platform* Blynk, memungkinkan dilakukannya pemantauan kualitas udara pada ruangan dari jarak jauh secara *real-time*. Berdasarkan capaian tersebut, Hasil ini memvalidasi bahwa sistem ini layak untuk diimplementasikan sebagai alat untuk mengukur dan memantau kualitas udara pada ruangan bagi kesehatan lansia.

Selain itu sistem yang telah dirancang masih memeiliki beberapa kelemahan seperti, sistem harus selalu terhubung dengan sumber daya listrik dan harus selalu terkoneksi dengan internet agar sistem dapat membaca kadar zat yang ada pada ruangan lansia, sistem yang dirancang juga belum memiliki database untuk penyimpanan data terkait kualitas udara dari waktu ke waktunya.

# BAB V
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantau kualitas udara pada ruangan yang ditujukan untuk menjaga kesehatan lansia. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor MQ-7 serta MQ-135 untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida ($CO^2$). Hasil deteksi ditampilkan secara *real-time* melalui *platform* Blynk, yang memungkinkan pemantauan jarak jauh oleh pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kadar zat CO dan $CO^2$ secara akurat serta langsung mengirimkan notifikasi ketika kadar zat tersebut melebihi ambang batas yang aman bagi kesehatan dan ketika terjadi kesalahan pada sensor. Dengan demikian, notifikasi ini mampu memandu lansia atau pengasuh lansia untuk segera melakukan tindakan pencegahan, seperti membuka jendela atau pintu rumah, serta mengaktifkan kipas angin atau pendingin ruangan ketika kadar zat telah melampaui ambang batas aman. Apabila sensor mengalami gangguan atau kegagalan dalam mengukur kadar zat, notifikasi tersebut dapat memandu lansia atau pengasuh lansia untuk melakukan pemeriksaan teknis, seperti memasang kembali sensor yang terlepas atau menghubungkan ulang sensor yang terputus dayanya. Sistem ini juga memberikan kemudahan bagi lansia atau pengasuh lansia untuk mengakses informasi kualitas udara melalui *smartphone*, sehingga risiko gangguan kesehatan lansia akibat kualitas udara buruk dapat diminimalkan dengan pemantauan yang intensif dan berkelanjutan. Maka dengan adanya sistem ini lansia dapat mengetahui kualitas udara pada ruangan yang mereka tempati, maka dari itu penelitian ini juga memberikan manfaat serta solusi yang efektif untuk menjaga lingkungan udara yang aman dan nyaman bagi lansia.

## 5.2 Saran

Melalui serangkaian tahapan penelitian yang telah dilaksanakan, ditemukan beberapa batasan yang dapat menjadi landasan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Berikut ini merupakan beberapa aspek yang dapat dikembangkan dalam penelitian pada masa mendatang:

a. Untuk lebih meningkatkan keakuratan sistem dalam pemantauan kualitas udara, disarankan untuk menambah sensor lain yang dapat mendeteksi partikel-partikel berbahaya lainnya, seperti partikel debu halus (PM2.5 dan PM10)

b. Menambahkan fitur alarm otomatis yang akan berbunyi ketika kadar zat CO dan $CO^2$ berada pada level yang berbahaya.
c. Menambahkan komponen seperti baterai, agar ketika listrik padam sistem masih terus dapat berfungsi.
d. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat diintegrasikan dengan peralatan-peralatan seperti kipas angin, yang dapat menyala otomatis ketika kadar zat CO dan $CO^2$ berada pada level yang berbahaya.
e. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan sistem ini dapat dilengkapi dengan kemampuan penyimpanan data seperti *database*. Dengan adanya *database*, data hasil deteksi kualitas udara yang telah dilakukan dapat disimpan dalam jangka waktu tertentu.

# DAFTAR PUSTAKA


Aisyah Heni Risa. (2019). *ALAT PENDETEKSI KUALITAS UDARA* [Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. https://repository.its.ac.id/62348/1/Heni%20Risa%20Aisyiah%20%28Proyek%20Akhir%29%20scan.pdf

Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Penduduk Lanjut Usia 2022*.

Bentayeb, M., Norback, D., Bednarek, M., Bernard, A., Cai, G., Cerrai, S., Eleftheriou, K. K., Gratziou, C., Holst, G. J., Lavaud, F., Nasilowski, J., Sestini, P., Sarno, G., Sigsgaard, T., Wieslander, G., Zielinski, J., Viegi, G., & Annesi-Maesano, I. (2015). Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe. *European Respiratory Journal*, *45*(5), 1228–1238. https://doi.org/10.1183/09031936.00082414

Biswal, A., Subhashini, J., & Pasayat, A. K. (2019). Air quality monitoring system for indoor environments using IoT. *AIP Conference Proceedings*, *2112*. https://doi.org/10.1063/1.5112365

Dhaifullah, I. R., Muttanifudin H, M., Ananda Salsabila, A., & Ainul Yaqin, M. (2022). Survei Teknik Pengujian Software. *Journal Automation Computer Information System*, *2*(1), 31–38. https://doi.org/10.47134/jacis.v2i1.42

Ekasari, M. F., Riasmini, N. M., & Hartini, T. (2019). *Meningkatkan Kualitas Hidup Lansia Konsep dan Berbagai Intervensi*. WINEKA MEDIA. https://books.google.co.id/books?id=lWCIDwAAQBAJ

Gunadi, I. G. A., & Rachmawati, D. O. (2022). Review Penggunaan Sensor Pada Aplikasi IOT. *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*, *16*(3).

Hanwei Electronics. (2024a). *Technical Data MQ-7 Gas Sensor*. https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf.

Hanwei Electronics. (2024b). *Technical Data MQ-135 Gas Sensor*. https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-135_Hanwei.pdf.

Hardiyan, I. A., & Zulistyawan, K. A. (2023). Identifikasi Konsentrasi CO, CO2, NO2, SO2, DAN PM10 yang Terukur di Stasiun Gaw Bukit Kototabang Selama Mudik Lebaran Tahun 2019-2023. *Megasains*, *14*(2), 39–47. https://doi.org/10.46824/MEGASAINS.V14I2.143

Ichsan, A. (2022). Perolehan Optimasi Nilai ICMP Berstandart TIPHON Menggunakan Metode Queue Tree dan PCC. *Jurnal Deli Sains Informatika*, *2*(1).

IQAir. (2023). 2023 World Air Quality Report. *IQAir*, 1–45. https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries

Khairina Mahda. (2019). GAMBARAN KADAR CO UDARA, COHbDAN TEKANAN DARAH PEKERJA BASEMENTPUSAT PERBELANJAAN X KOTA MALANG. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, *11*(2), 150–157. http://dx.doi.org/10.20473/jkl.v11i2.2019.150-157

Kuncoro, A. H., Mellyanawaty, M., Sambas, A., Maulana, D. S., Subiyanto, & Mamat, M. (2020). Air Quality Monitoring System in the City of Tasikmalaya based on the Internet of Things (IoT). *Journal of Advanced Research in Dynamic and Control Systems*, *Volume 12*(Issue 2), 2473–2479. https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12I2/S20201294

Kurniawan Dendi, Sulistiyanti Sri Ratna, & Murdika Umi. (2023). SISTEM PEMANTAU KANDUNGAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO2) MENGGUNAKAN SENSOR MQ-7 DAN MQ-135 TERINTEGRASI DENGAN TELEGRAM. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, *11*(2). DOI: http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v11i2.2963

Muliadi, M., Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*, *17*(2), 73–79. https://doi.org/10.59562/METRIK.V17I2.14193

Munabbih, M. I., Widianto, E. D., Windarto, Y. E., & Indrasto, E. Y. (2020). Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino dan Lora Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel. *Transmisi*, *22*(1), 6–14. https://doi.org/10.14710/transmisi.22.1.6-14

Rizaldi, M. A., Azizah, R., Latif, M. T., Sulistyorini, L., & Salindra, B. P. (2022). Literature Review: Dampak Paparn Gas Karbon Monoksia Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Beresiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, *21*(3), 253–265. https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.253-265

Rizky, M., & Perdana, Z. A. (2022). *Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Air Purifier Berbasis Android* [Undergraduate Thesis]. Universitas Islam Indonesia.

Rosa, A., Simon, B., & Lieanto, K. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, *12*(1). https://doi.org/https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611

Rumampuk, G. C., Poekoel, V. C., & Rumagit, A. M. (2021). Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design. *Jurnal Teknik Informatika*, *17*, 11–18.

Samiaji, T. (2011). Gas CO2 di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara Majalah Ilmiah Semi Populer*, *12*(2), 68–75.

Saputro, E. A., & Rofii, A. (2022). Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Otomatis dengan Monitoring Kapasitas Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, *7*(1), 39–42. https://doi.org/10.52447/JKTE.V7I1.5728

Sharma V Praveen, Dugyala Raman, Padmavathi, & Gurram Vijendar Reddy. (2023). Gas Leakage Detection System Using IoT And cloud Technology : A Review. *ICMED-ICMPC*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101063

Sulistyorini, T., Sofi, N., & Sova, E. (2022). Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android Blynk Sebagai Alat Alat Mematikan dan Menghidupkan Lampu. *JUIT*, *1*(3).

Suryantoro, H., & Budiyanto, A. (2019). Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali. *Indonesian Journal of Laboratory*, *1*(3), 20–32. https://jurnal.ugm.ac.id/ijl/article/view/48718

Syukhron Imam, Rahmadewi Reni, & Ibrahim. (2021). Penggunaan Aplikasi BlynkUntuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT. *ELECTRICIAN –Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, *15*(1).

testo. (2024). *testo 315-3 - CO and CO2 meter for ambient measurements*. www.testo.com. https://www.testo.com/en-UK/testo-315-3/p/0632-3153#tab-technicalData

Tri, H. (2023, November 9). *Menggunakan Aplikasi BLYNK untuk fungsi IOT*. https://blog.jejakmedia.link/menggunakan-aplikasi-blynk-untuk-fungsi-iot/.

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/345329