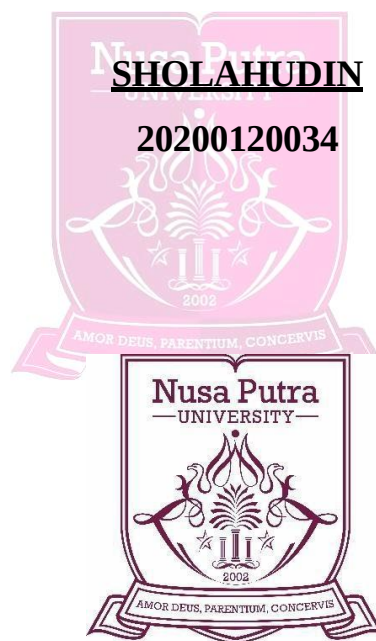


**PERANCANGAN ALAT DETEKSI KUALITAS UDARA
DALAM RUMAH SEBAGAI PEMANTAUAN
BERKELANJUTAN**

SKRIPSI

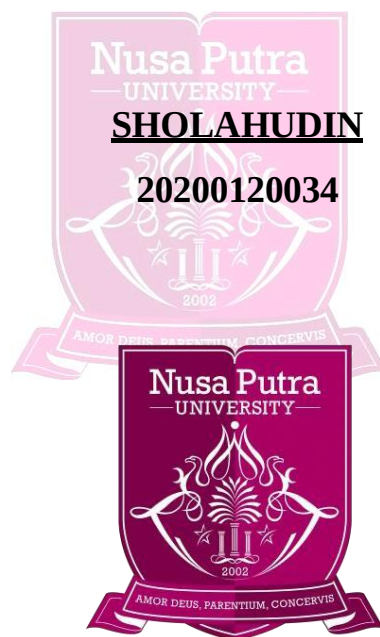


**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

**PERANCANGAN ALAT DETEKSI KUALITAS UDARA
DALAM RUMAH SEBAGAI PEMANTAUAN
BERKELANJUTAN**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : PERANCANGAN ALAT DETEKSI KUALITAS UDARA
DALAM RUMAH SEBAGAI PEMANTAUAN BER-
KELANJUTAN
NAMA : SHOLAHUDIN
NIM : 20200120034

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, 5 Juni 2024.



Sholahudin
Penulis

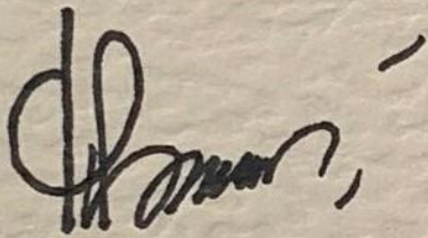
PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PERANCANGAN ALAT DETEKSI KUALITAS UDARA
DALAM RUMAH SEBAGAI PEMANTAUAN BER-
KELANJUTAN
NAMA : SHOLAHUDIN
NIM : 20200120034

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal
05 Juni 2024. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk
tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik.

Sukabumi, 05 Juni 2024

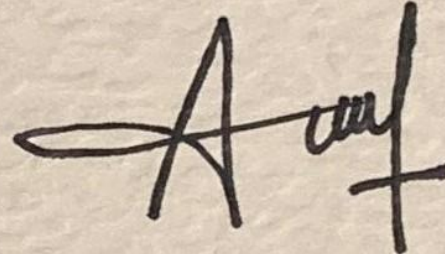
Pembimbing I



Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T.

NIDN. 0426019502

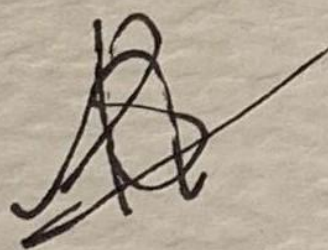
Pembimbing II



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0407098009

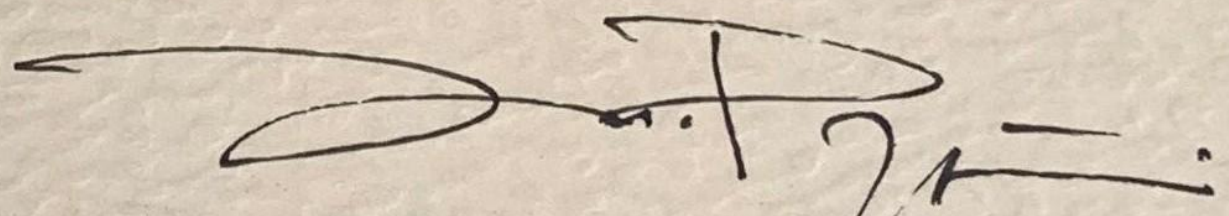
Ketua Penguji



Ir. Marina Artiyasa, S.T. M.T., IPM

NIDN. 0403127308

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0426019502

Dekan Fakultas Teknik Komputer Dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM.

NIDN. 0402037401

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sholahudin
Nomor Induk Mahasiswa : 20200120034
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PERANCANGAN ALAT DETEKSI KUALITAS UDARA DALAM RUMAH SEBAGAI PEMANTAUAN BERKELANJUTAN”, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : SUKABUMI

Pada tanggal : 5 Juni 2024

Yang menyatakan,



(Sholahudin)

20200120034

*Tiada yang tak berguna bahkan serangga terkecil pun
Tiada pemikiran yang sia-sia meskipun dari seorang yang masih belia
dan
tak paham apa-apa
Keinginanku lekas lulus dari tingkat ini, mendorongku tuk
merampungkan (skripsi) ini semaksimal mungkin*



ABSTRAK

Kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh polusi rumah tangga dan polusi udara ambien dari luar. Pencemaran udara dalam rumah merupakan hal yang berbahaya di mana manusia sebagian besar melakukan aktivitasnya di dalam rumah (di dalam ruangan). Beberapa penelitian sebelumnya telah mengusulkan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Berdasarkan literatur yang telah dipelajari, peluang yang muncul dari penelitian sebelumnya adalah perubahan pemilihan sensor pemantau *particulate matter* 2.5 (PM_{2.5}) dari GP2Y1010AUF yang merupakan sensor bukan khusus PM_{2.5} menjadi sensor ZH03B (sensor khusus untuk mengukur PM_{2.5}). Irisan dari tiga regulasi tentang kualitas udara (2 regulasi nasional dan 1 regulasi internasional) menghasilkan 4 polutan yang hendak diukur, yakni polutan PM_{2.5} (*particulate matter* 2.5), PM₁₀ (*particulate matter* 10), NO₂ (Nitrogen dioksida), dan CO (Karbon monoksida). Perancangan didasarkan pada tinjauan pustaka mengenai komponen, perhitungan, dan perangkat keras maupun lunak yang diperlukan sebagai landasan teori. Kemudian data deteksi disimpan di kartu memori dan Google Sheets, serta pengguna dapat menyaksikan histori data melalui *website* yang dipublikasikan oleh Google Sheets. Selain itu, didapatkan juga nilai kemampuan alat deteksi saat dibandingkan dengan detektor lain, yakni 93,55% untuk pembacaan polutan PM_{2.5}, 93,13% untuk polutan PM₁₀, 97,10% untuk polutan NO₂, dan 96,60% untuk polutan CO.

Kata Kunci: *esp32, google sheets, kualitas udara dalam rumah, pemantauan, zh03b.*

ABSTRACT

Indoor air quality is influenced by household pollution and ambient air pollution from outside. Indoor air pollution is a dangerous thing where humans carry out most of their activities at home (indoors). Several previous studies have proposed indoor air quality monitoring systems. Based on the literature that has been studied, the opportunity that emerged from previous research is the change in the selection of the particulate matter 2.5 (PM_{2.5}) monitoring sensor from the GP2Y1010AUF, which is a sensor not specifically for PM_{2.5}, to the ZH03B sensor (a special sensor for measuring PM_{2.5}). The intersection of three regulations regarding air quality (2 national regulations and 1 international regulation) produces 4 pollutants to be measured, namely pollutants PM_{2.5} (particulate matter 2.5), PM₁₀ (particulate matter 10), NO₂ (Nitrogen dioxide), and CO (Carbon monoxide). The design is based on a literature review of components, calculations, and hardware and software required as a theoretical basis. Then the detection data is stored on the memory card and Google Sheets, and users can view the data history via the website published by Google Sheets. Apart from that, the kemampuan value of the detection tool was also obtained when compared with other detectors, namely 93.55% for reading PM_{2.5} pollutants, 93.13% for PM₁₀ pollutants, 97.10% for NO₂ pollutants, and 96.60% for pollutants CO.

Keywords: esp32, google sheets, indoor air quality, monitoring, zh03b.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Alat Deteksi Kualitas Udara Dalam Rumah Sebagai Pemantauan Berkelanjutan” ini dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Komputer dan Desain, Universitas Nusa Putra.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya menyadari bahwa tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang saya hadapi. Namun, berkat bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, saya dapat mengatasinya dan menyelesaikan tugas ini dengan baik. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada saya untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama penelitian.
3. Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga.
4. Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing II yang turut memberikan bimbingan dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Ibu dan Bapak saya, atas doa, dukungan moral, dan materi yang tiada henti.
6. Rekan-rekan mahasiswa dan seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang.

Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi digital dan pendidikan.

Sukabumi, 5 Juni 2024

Sholahudin



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	18
1.1. Latar Belakang Masalah	18
1.2. Perumusan Masalah.....	20
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	20
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	21
1.5. Sistematika Penulisan	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	23
2.1. Penelitian Terkait.....	23
2.2. Kesimpulan dan Peluang Kebaruan.....	26
2.3. Udara	27
2.4. Kualitas Udara	28
2.5. Sensor Laser Partikel Winsen ZH03B	31
2.6. Sensor Fermion MEMS CO	34
2.7. Sensor Fermion MEMS NO ₂	36
2.8. Mikrokontroler ESP32.....	38
2.9. <i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)</i>	39
2.10. <i>Serial Peripheral Interface (SPI)</i>	40
2.11. <i>AC-DC Converter Modul Suplai Daya</i>	40

2.12.	Google Sheets <i>Application Programming Interface</i> (API).....	41
2.13.	Google Apps Script.....	42
2.14.	Situs IQAir Penghimpun Data Stasiun Pemantauan Kualitas Udara.....	44
2.15.	Alat Ukur Multi Gas RKI Eagle-2.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		46
3.1.	Alur Penelitian	46
3.2.	Perancangan Alat Deteksi	48
3.2.1.	Diagram Alir Sistem	48
3.2.2.	Skema Rangkaian	50
3.3.	Perancangan Penyimpanan dan Diagram di Google Sheets.....	50
3.3.1.	Perancangan Tempat Penyimpanan	50
3.3.2.	Perancangan Tampilan Utama.....	51
3.3.3.	Perancangan Pemrograman Google Apps Script.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1.	Perancangan dan Pengujian di ESP32	54
4.1.1.	Pengujian Sensor ZH03B ke ESP32	54
4.1.2.	Pengujian Sensor Fermion NO ₂ dan CO ke ESP32.....	56
4.1.3.	Pengujian Menyimpan Data dari ESP32 ke <i>Micro-SD</i>	57
4.1.4.	Pengujian Unggah Data dari ESP32 ke Google Sheets.....	59
4.2.	Pengujian Fungsi di Google Apps Script.....	64
4.3.	Pengujian Keseluruhan	66
4.4.	Analisis Kemampuan.....	70
4.4.1.	Pembacaan Polutan <i>Particulate Matter</i> 2.5.....	71
4.4.2.	Pembacaan Polutan <i>Particulate Matter</i> 10.....	72
4.4.3.	Pembacaan Polutan Nitrogen Dioksida	73
4.4.4.	Pembacaan Polutan Karbon Monoksida.....	74
BAB V PENUTUP		76
5.1.	Kesimpulan	76
5.2.	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		83
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram venn indikator kualitas udara yang diatur dalam pedoman WHO, Kemenkes, dan KLHK.....	28
Gambar 2. 2. Sensor laser partikel ZH03.	32
Gambar 2. 3. Prinsip kerja sensor ZH03B.....	33
Gambar 2. 4. Karakteristik ZH03B saat dibandingkan dengan alat ukur aerosol TSI 8530 DustTrack™.....	34
Gambar 2. 5. Sensor Fermion MEMS CO.	35
Gambar 2. 6. Skema rangkaian modul MEMS sensor CO.....	36
Gambar 2. 7. Sensor Fermion MEMS NO ₂	36
Gambar 2. 8. Skema rangkaian <i>heater</i> pada Fermion NO ₂	37
Gambar 2. 9. Skema rangkaian sensor pada Fermion NO ₂	38
Gambar 2. 10. Konfigurasi <i>pin</i> ESP32.....	38
Gambar 2. 11. Contoh kerangka data dalam komunikasi <i>serial</i> UART.....	39
Gambar 2. 12. Gambaran sinyal dalam komunikasi antarmuka SPI.....	40
Gambar 2. 13. Kuota akun Google Sheets API.....	41
Gambar 2. 14. Tampilan Google Spreadsheet.....	42
Gambar 2. 15. Gambaran <i>menu</i> Apps Script yang tersedia di Google Sheet.....	43
Gambar 2. 16. Tampilan Google Apps Script <i>editor</i>	43
Gambar 2. 17. Peta kualitas udara di <i>website</i> IQAir dengan contoh daerah Kabupaten Bogor.....	44
Gambar 2. 18. Tampilan alat ukur gas RKI Eagle-2.....	45
Gambar 3. 1. Alur penelitian.	46
Gambar 3. 2. Diagram alir sistem.....	49
Gambar 3. 3. Skema rangkaian perancangan sistem.	50
Gambar 3. 4. Pengaturan kolom untuk penyimpanan di Google Sheets.....	51
Gambar 3. 5. Tata letak tampilan tabel dan diagram untuk diakses pengguna.	51
Gambar 3. 6. Diagram alir program di Google Apps Script.	53
Gambar 4. 1. Rangkaian pengujian sensor ZH03B ke ESP32.	54

Gambar 4. 2. Implementasi pengujian sensor ZH03B ke ESP32.....	55
Gambar 4. 3. Data PM _{2.5} dan PM ₁₀ terbaca di ESP32 dari sensor ZH03B.	55
Gambar 4. 4. Rangkaian pengujian sensor Fermion NO ₂ dan CO ke ESP32.	56
Gambar 4. 5. Implementasi pengujian sensor Fermion NO ₂ dan Fermion CO.....	56
Gambar 4. 6. Data polutan NO ₂ dan CO terbaca di ESP32 sebagai hasil konversi sinyal analog Fermion NO ₂ dan Fermion CO.....	57
Gambar 4. 7. Rangkaian pengujian ESP32 ke <i>micro-SD</i>	57
Gambar 4. 8. Implementasi pengujian ESP32 ke <i>micro-SD</i>	58
Gambar 4. 9. Tampilan <i>serial monitor</i> bahwa data berhasil dituliskan ke <i>micro-SD</i>	58
Gambar 4. 10. <i>File</i> hasil penulisan ESP32 ke <i>micro-SD</i> dapat diakses di komputer menggunakan <i>card reader</i>	59
Gambar 4. 11. Tampilan <i>project</i> di laman Google Cloud.	59
Gambar 4. 12. Tampilan form untuk <i>project</i> baru di Google Cloud.....	60
Gambar 4. 13. Tampilan pembuatan <i>service account</i> di Google Cloud <i>Project</i> ...	60
Gambar 4. 14. Tampilan daftar <i>service account</i>	61
Gambar 4. 15. Membuat <i>key</i> untuk <i>service account</i>	61
Gambar 4. 16. Mengaktifkan Google Sheets API dan Google Drive API.	62
Gambar 4. 17. ID <i>spreadsheet</i>	62
Gambar 4. 18. Tampilan <i>serial monitor</i> saat pengujian unggah data dari ESP32 ke Google Sheets.	63
Gambar 4. 19. Hasil unggahan ESP32 ke Google Sheets.	63
Gambar 4. 20. Tampilan log eksekusi fungsi di Google Apps Script.	64
Gambar 4. 21. Setup <i>triggers</i> di Google Apps Script.....	65
Gambar 4. 22. Form <i>trigger</i> baru di Google Apps Script.....	65
Gambar 4. 23. Deskripsi detail tiap eksekusi.	66
Gambar 4. 24. Penyusunan seluruh komponen dalam <i>breadboard</i>	67
Gambar 4. 25. Tampilan rangkaian saat disusun dalam wadah.	67
Gambar 4. 26. Tabel pantauan terakhir di tampilan <i>web</i> hasil publish Google Sheets.....	68

Gambar 4. 27. Diagram garis pada laman <i>web</i>	69
Gambar 4. 28. Kode QR alamat laman publikasi Google Sheets.....	69
Gambar 4. 30. Jarak titik lokasi pengukuran alat deteksi dengan titik lokasi stasiun pemantau terdekat.	70
Gambar 4. 31. Pengambilan data karbon monoksida gas buang knalpot sepeda motor.....	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Daftar penelitian terkait.....	23
Tabel 2. 2. Indeks Standar Pencemar Udara dan batasan konsentrasi polutan dalam ruangan terpilih.....	29
Tabel 2. 3. Indeks Standar Pencemar Udara dan batasan konsentrasi polutan dalam ruangan terpilih dengan NO ₂ dan CO satuan ppm.	31
Tabel 4. 1. Perbandingan pembacaan alat deteksi dan situs IQAir untuk polutan PM _{2.5}	72
Tabel 4. 2. Perbandingan pembacaan alat deteksi dan situs IQAir untuk polutan PM ₁₀	73
Tabel 4. 3. Perbandingan pembacaan alat deteksi dan situs IQAir untuk polutan NO ₂	74
Tabel 4. 4. Perbandingan pembacaan alat deteksi dan RKI Eagle-2 untuk polutan CO.....	75



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Pemrograman di ESP32.	83
Lampiran 2. Kode Pemrograman di Google Apps Script.....	92
Lampiran 3. <i>Datasheet</i> Sensor ZH03B.	99
Lampiran 4. <i>Datasheet</i> Sensor Fermion MEMS NO ₂	109
Lampiran 5. <i>Datasheet</i> Sensor Fermion MEMS CO.....	109
Lampiran 6. <i>Datasheet</i> ESP32 Wroom32.	113
Lampiran 7. Daftar Harga Komponen.....	115



BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1. Latar Belakang Masalah

Polusi rumah tangga menjadi hal yang perlu diperhatikan saat ini. Berdasarkan penelitian [1], terdapat 593 juta penduduk dunia tersebar di daerah-daerah dengan bahan bakar padat (seperti kayu, dedaunan, arang, sabut kelapa, dan lain-lain) untuk memasak. Enam puluh enam persen dari penduduk di negara berpendapatan rendah ke menengah (Indonesia termasuk di dalamnya) tinggal di daerah yang melenceng dari target sementara *Sustainable Development Goals* (SDGs) energi bersih 2030. Penggunaan bahan bakar padat tersebut turut menimbulkan polusi udara rumah tangga. Selain bersumber dari pembakaran saat memasak, polusi udara rumah tangga juga bersumber dari asap rokok [2] dan polusi udara luar rumah pada kota besar seperti Jakarta [3].

Kualitas udara adalah tingkat kebersihan udara di suatu tempat dan hal yang mempengaruhinya adalah polusi udara. Polusi udara adalah keadaan ketika udara yang bersih menjadi tercemar oleh berbagai macam zat baik berupa senyawa kimia maupun non senyawa kimia [4]. Polutan berupa senyawa kimia antara lain karbon monoksida dan nitrogen dioksida yang sering dijumpai pada asap pembakaran bahan bakar fosil. Sedangkan contoh polutan non kimia adalah materi partikulat (*particulate matter*) yang sering dijumpai pada lokasi konstruksi, kebakaran hutan, pembakaran kayu, kegiatan pertanian, dan jalan berdebu. *Particulate matter* yang dibatasi kadarnya oleh pemerintah Indonesia adalah *particulate matter* berukuran sama dengan atau kurang dari 10 μm (disingkat PM_{10}) dan *particulate matter* berukuran sama dengan atau kurang dari 2,5 μm (disingkat $\text{PM}_{2.5}$) [5].

Particulate matter menjadi polutan yang populer dalam penelitian deteksi kualitas udara dalam rumah yang dilakukan oleh peneliti terdahulu. Berdasarkan

hasil ulasan dalam referensi [6], terdapat 11 dari 20 penelitian yang diulas mencantumkan polutan *particulate matter* dalam sistem deteksi mereka. Dari 11 penelitian tersebut, sensor Sharp GP2Y1010AU0F menjadi pilihan terbanyak digunakan untuk mendeteksi *particulate matter*, yakni empat penelitian. Disusul penelitian lainnya menggunakan sensor *particulate matter* yang beragam (SDS021, SDS011, dan PMS2007).

Di samping permasalahan pemilihan sensor *particulate matter*, pemilihan gas berbahaya yang dideteksi oleh penelitian terdahulu [6] juga bervariasi. Namun tidaklah menjadi masalah signifikan karena preferensi masing-masing peneliti terdahulu berbeda. Dalam menyikapi keberagaman tersebut, pemilihan gas yang akan dideteksi dalam penelitian ini mengacu pada regulasi World Health Organization, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, dengan meringkas kebutuhan indikator yang dideteksi. Perihal regulasi dan hasil ringkasan yang diperoleh secara terperinci akan dijelaskan pada bab berikutnya.

Apabila diteliti lebih lanjut, manufaktur Sharp dalam manual *datasheet* GP2Y1010AU0F secara tertulis menyatakan bahwa sensor ini adalah sensor debu secara umum. Memang, kapabilitas sensor ini dapat mengukur partikel debu hingga berukuran mikrometer, namun di dalam *datasheet* tersebut tidak ada sama sekali pernyataan bahwa sensor ini secara khusus mengukur $PM_{2.5}$ ataupun PM_{10} . Sehingga, terukurnya *particulate matter* berukuran di atas $10\ \mu m$ berpeluang semakin besar [7], [8].

Di sisi lain, tipe sensor selain GP2Y1010AU0F yang diterapkan pada penelitian sebelumnya, yakni SDS021, SDS011, dan PM2007, saat diperiksa manual *datasheet* masing-masing adalah memang benar secara spesifik diperuntukkan mendeteksi polutan $PM_{2.5}$ dan PM_{10} . Sayangnya, ketiga seri tersebut sukar dijumpai di pasar dalam negeri Indonesia. Sehingga, digunakanlah sensor dengan kemampuan serupa yang tersedia di Indonesia.

Dengan adanya permasalahan pemilihan sensor polutan $PM_{2.5}$ dan PM_{10} , maka dalam penelitian ini penulis berfokus menerapkan sensor pengganti GP2Y1010AU0F dilengkapi beberapa sensor gas dengan judul penelitian

“Perancangan Alat Deteksi Kualitas Udara Dalam Rumah Sebagai Pemantauan Berkelanjutan”.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana rancangan alat deteksi kualitas udara dalam rumah dengan menggunakan sensor *particulate matter* yang khusus untuk deteksi $PM_{2.5}$ ataupun PM_{10} ?
2. Bagaimana data keluaran alat deteksi dapat diakses oleh pengguna?
3. Bagaimana data keluaran dari alat deteksi dapat disimpan secara berkelanjutan?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan alat deteksi kualitas udara dengan pemilihan sensor *particulate matter* yang khusus untuk deteksi $PM_{2.5}$ ataupun PM_{10} .
2. Menyediakan *website* sederhana yang dapat diakses pengguna.
3. Menyediakan penyimpanan berbasis *online* pada Google Spreadsheet dan penyimpanan berbasis perangkat keras yakni kartu *micro-SD*.

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat yang diharapkan dari tercapainya penelitian ini adalah:

1. Terpantaunya data polutan terdeteksi yakni $PM_{2.5}$, PM_{10} , dan gas lain di dalam rumah pengguna.
2. Menjadi sarana peningkatan wawasan masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas udara rumah sebagai akibat polusi dari dalam ataupun luar rumah.
3. Menjadi sarana edukasi bagi penghuni rumah.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, diberikan ruang lingkup yang jelas agar hasil dan pembahasan penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Beberapa ruang lingkup penelitian tersebut adalah:

1. Membuat rangkaian alat deteksi kualitas udara dalam rumah yang mampu mendeteksi secara spesifik polutan *particulate matter* 2.5 ($PM_{2.5}$) dan *particulate matter* 10 (PM_{10}) serta polutan lain yang dipilih.
2. Melalui rangkaian yang telah dibuat, data hasil deteksi diunggah ke dalam Google Sheets yang kemudian dipublikasikan dalam bentuk laman *web* untuk akses pengguna.
3. Menyimpan data hasil deteksi ke penyimpanan kartu *micro-SD*.

1.5. Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi ke dalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini disajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang penelitian terkait, kesimpulan dan peluang kebaruan, udara, kualitas udara, sensor laser partikel ZH03B, sensor Fermion NO_2 , sensor Fermion CO, mikrokontroler ESP32, komunikasi *serial* UART, *Serial Peripheral Interface* (SPI), modul suplai daya, Google Sheets, Google Apps Script, dan situs pemantauan kualitas udara dunia IQAir.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai alur penelitian, perancangan alat deteksi kualitas udara, dan perancangan penyimpanan serta tampilan diagram di Google Sheets.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan mengenai hasil perancangan alat deteksi kualitas udara dalam rumah sebagai pemantauan berkelanjutan. Hasil perancangan diuji atau divalidasi untuk mengetahui kemampuan tiap sensor dalam rancangan.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini disajikan kesimpulan dari penelitian perancangan alat deteksi kualitas udara dalam rumah sebagai pemantauan berkelanjutan dan rekomendasi penulis untuk penelitian di masa mendatang.





BAB V

PENUTUP

Pada bab ini disajikan kesimpulan dari penelitian perancangan alat deteksi kualitas udara dalam rumah sebagai pemantauan berkelanjutan dan rekomendasi penulis untuk penelitian di masa mendatang.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari temuan penelitian, analisis, dan desain perancangan alat deteksi kualitas udara dalam rumah sebagai pemantauan berkelanjutan adalah:

1. Telah dirancang alat deteksi kualitas udara dalam rumah sebagai pemantauan kualitas udara berkelanjutan menggunakan ESP32 sebagai otak utama, sensor ZH03B sebagai pendeteksi polutan *particulate matter* (PM_{2.5} dan PM₁₀), sensor Fermion NO₂ untuk mendeteksi nitrogen dioksida, dan sensor Fermion CO untuk mendeteksi karbon monoksida.
2. Alat deteksi dilengkapi penyimpanan berbasis kartu *micro-SD* dan Google Sheets serta pengguna dapat mengakses keluaran deteksi melalui *web* yang dibagikan dari Google Sheets.
3. Hasil pengujian kemampuan akurasi alat deteksi pada setiap polutan saat dibandingkan dengan data pembanding adalah 93,55% untuk polutan PM_{2.5}, 93,13% untuk polutan PM₁₀, 97,10% untuk polutan NO₂, dan 96,60% untuk polutan CO.

5.2. Saran

Hal yang masih menjadi kekurangan alat deteksi setelah keseluruhan proses penelitian selesai dilaksanakan adalah:

1. Alat deteksi tidak dilengkapi aksi otomatis pada peralatan rumah tangga.
2. Alat deteksi hanya mampu digunakan jika ditancapkan pada soket daya listrik rumah tangga, sehingga butuh usaha lebih ketika dibawa keluar ruangan atau ke tempat-tempat jauh dari soket daya listrik.

3. Alat deteksi membutuhkan waktu pemanasan terlebih dahulu (dengan durasi berkisar 1 sampai 3 jam) setelah terjadinya hilang daya listrik dari sumber listrik.
4. Alat deteksi menerapkan kartu memori eksternal dengan kapasitas terlalu besar (dalam satuan *giga byte*) padahal ukuran *file* yang disimpan ke kartu memori berukuran kecil (dalam satuan *kilo byte*).
5. Hasil pengujian akurasi untuk polutan PM_{2.5}, PM₁₀, dan NO₂, tidak dilakukan dalam satu lokasi dengan alat yang dijadikan pembanding yakni berjarak 8,25 km.

Berdasarkan temuan dari kelemahan dari penelitian ini, penelitian selanjutnya hendaknya berfokus pada:

1. Penambahan kendali otomatis untuk memperbaiki kualitas udara dalam rumah.
2. Modifikasi alat menjadi portabel.
3. Menerapkan sensor lain yang lebih singkat waktu pemanasannya atau memberikan kajian spesifik tentang waktu pemanasan dengan seri sensor yang sama.
4. Menggunakan atau memaksimalkan penyimpanan internal ESP32 bila data keluaran yang disimpan berukuran kecil.
5. Melakukan perbandingan data dengan jarak yang lebih pendek atau di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. Frostad *dkk.*, “Mapping development and health effects of cooking with solid fuels in low-income and middle-income countries, 2000–18: a geospatial modelling study,” *Lancet Glob Health*, vol. 10, no. 10, hlm. e1395–e1411, Okt 2022, doi: 10.1016/S2214-109X(22)00332-1.
- [2] H. Holipah, H. W. Sulistomo, dan A. Maharani, “Tobacco smoking and risk of all-cause mortality in Indonesia,” *PLoS One*, vol. 15, no. 12, hlm. e0242558, Des 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0242558.
- [3] G. Syuhada *dkk.*, “Impacts of Air Pollution on Health and Cost of Illness in Jakarta, Indonesia,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 20, no. 4, hlm. 2916, Feb 2023, doi: 10.3390/ijerph20042916.
- [4] I. Manisalidis, E. Stavropoulou, A. Stavropoulos, dan E. Bezirtzoglou, “Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review,” *Front Public Health*, vol. 8, Feb 2020, doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.
- [5] *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2020.
- [6] Sholahudin, Y. Damey, W. Fauji, dan M. A. S. Yudono, “Indoor Air Quality Monitoring System with Automation: A Review,” dalam *2023 IEEE 9th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED)*, IEEE, Nov 2023, hlm. 1–6. doi: 10.1109/ICCED60214.2023.10425129.
- [7] Sharp Corporation, “GP2Y1010AU0F Dust Sensor Datasheet,” Sharp Corporation Sheet Number E4-A01501EN. Diakses: 2 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf
- [8] K. Bučar, J. Malet, L. Stabile, J. Pražnikar, S. Seeger, dan M. Žitnik, “Statistics of a Sharp GP2Y Low-Cost Aerosol PM Sensor Output Signals,” *Sensors*, vol. 20, no. 23, hlm. 6707, Nov 2020, doi: 10.3390/s20236707.

- [9] R. S. AbdulWahhab, "Air Quality System Using IoT for Indoor Environmental Monitoring," dalam *Proceedings of the 2019 5th International Conference on Computer and Technology Applications*, New York, NY, USA: ACM, Apr 2019, hlm. 184–188. doi: 10.1145/3323933.3324088.
- [10] A. Rusu dan P. Dobra, "Using Adaptive Transmit Power in Wireless Indoor Air Quality Monitoring," dalam *2019 23rd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, IEEE, Okt 2019, hlm. 543–548. doi: 10.1109/ICSTCC.2019.8885849.
- [11] P. Kumar, A. Agarwal, G. Purohit, dan K. S. Raju, "Intelligent Home with Air Quality Monitoring," *SSRN Electronic Journal*, 2019, doi: 10.2139/ssrn.3356383.
- [12] A. S. Ali, C. Côté, M. Heidarinejad, dan B. Stephens, "Elemental: An Open-Source Wireless Hardware and Software Platform for Building Energy and Indoor Environmental Monitoring and Control," *Sensors*, vol. 19, no. 18, hlm. 4017, Sep 2019, doi: 10.3390/s19184017.
- [13] F. Pradityo dan N. Surantha, "Indoor Air Quality Monitoring and Controlling System based on IoT and Fuzzy Logic," dalam *2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*, IEEE, Jul 2019, hlm. 1–6. doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835246.
- [14] S. Dhanalakshmi, M. Poongothai, dan K. Sharma, "IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System," *Procedia Comput Sci*, vol. 171, hlm. 1800–1809, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.04.193.
- [15] A. A. raj dan J. Vijila, "Design of Indoor Air Quality Monitoring System to Ensure a Healthy Universe," dalam *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, IEEE, Sep 2020, hlm. 1123–1127. doi: 10.1109/ICOSEC49089.2020.9215297.
- [16] J. Jo, B. Jo, J. Kim, S. Kim, dan W. Han, "Development of an IoT-Based Indoor Air Quality Monitoring Platform," *J Sens*, vol. 2020, hlm. 1–14, Jan 2020, doi: 10.1155/2020/8749764.

- [17] D. H. Hareva dan C. D. P. Marsyaf, "Air quality monitoring at Pelita Harapan university using the MQ-135 sensor," dalam *Proceedings of the 3rd International Conference on Telecommunications and Communication Engineering*, New York, NY, USA: ACM, Nov 2019, hlm. 6–10. doi: 10.1145/3369555.3369580.
- [18] M. Zhou, A. M. Abdulghani, M. A. Imran, dan Q. H. Abbasi, "Internet of Things (IoT) Enabled Smart Indoor Air Quality Monitoring System," dalam *Proceedings of the 2020 International Conference on Computing, Networks and Internet of Things*, New York, NY, USA: ACM, Apr 2020, hlm. 89–93. doi: 10.1145/3398329.3398342.
- [19] A. Bushnag, "Air Quality and Climate Control Arduino Monitoring System using Fuzzy Logic for Indoor Environments," dalam *2020 International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)*, IEEE, Okt 2020, hlm. 1–6. doi: 10.1109/ICCAD49821.2020.9260514.
- [20] J. Saini, M. Dutta, dan G. Marques, "Internet of Things Based Environment Monitoring and PM₁₀ Prediction for Smart Home," dalam *2020 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing and Technologies (3ICT)*, IEEE, Des 2020, hlm. 1–5. doi: 10.1109/3ICT51146.2020.9311996.
- [21] Q. Aini, U. Rahardja, D. Manongga, I. Sembiring, M. Hardini, dan H. Agustian, "IoT-Based Indoor Air Quality Using Esp32," dalam *2022 IEEE Creative Communication and Innovative Technology (ICCIT)*, IEEE, Nov 2022, hlm. 1–5. doi: 10.1109/ICCIT55355.2022.10119001.
- [22] D. Giltrap, J. Cavanagh, B. Stevenson, dan A.-G. Ausseil, "The role of soils in the regulation of air quality," *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 376, no. 1834, hlm. 20200172, Sep 2021, doi: 10.1098/rstb.2020.0172.
- [23] W. H. Organization, *WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion*. World Health Organization, 2014. Diakses: 15 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://iris.who.int/handle/10665/141496>

- [24] *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peraturan Perundang-Undangan Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2011.
- [25] Breezes Technologies, “Air pollution – How to convert between mg/m3, µg/m3 and ppm, ppb.” Diakses: 12 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.breeze-technologies.de/blog/air-pollution-how-to-convert-between-mgm3-%C2%B5gm3-ppm-ppb/>
- [26] Winsen Sensor, “Winsen ZH03B Laser Dust Sensor Module Datasheet,” Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. Diakses: 2 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: [https://www.winsen-sensor.com/d/files/zh03b-laser-dust-module-v2_1\(2\).pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/zh03b-laser-dust-module-v2_1(2).pdf)
- [27] ShaggyDog, “SD_ZH03B Library for Winsen ZH03B Laser Dust Sensor Module,” Github. Diakses: 25 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://github.com/ShaggyDog18/SD_ZH03B
- [28] DFRobot, “SKU:SEN0564 Fermion MEMS CO.” Diakses: 28 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://wiki.dfrobot.com/SKU_SEN0564_Fermion_MEMS_CO_Sensor_breakout
- [29] Winsen Sensor, “Winsen GM-702B Gas Sensor Module Manual,” Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. Diakses: 4 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/MEMS%20Gas%20Sensor/gm-702b%EF%BC%88ver1_1%EF%BC%89manual.pdf
- [30] DFRobot, “SKU:SEN0574 Fermion MEMS NO2.” Diakses: 28 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://wiki.dfrobot.com/SKU_SEN0574_Fermion_MEMS_NO2_Sensor_breakout
- [31] Winsen Sensor, “Winsen GM-102B Gas Sensor Module Manual,” Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. Diakses: 4 Mei 2024.

- [Daring]. Tersedia pada: <https://www.winsensor.com/d/files/manual/gm-102b.pdf?searchid=4369>
- [32] Espressif Systems, “ESP32 Series Datasheet,” 2023. [Daring]. Tersedia pada: www.espressif.com
- [33] Last Minute Engineers, “ESP32 Pinout Reference.” Diakses: 15 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://lastminuteengineers.com/esp32-pinout-reference/#>
- [34] Espressif Systems, “ESP32 ADC (Analog to Digital Converter) Documentation,” Espressif. Diakses: 4 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://espressif-docs.readthedocs-hosted.com/projects/arduino-esp32/en/latest/api/adc.html>
- [35] D. S. Dawoud dan P. Dawoud, *Serial Communication Protocols and Standards*. River Publishers, 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=8fiGEAAAQBAJ>
- [36] SparkFun Electronics, “Serial Peripheral Interface (SPI) Tutorial,” SparkFun Electronics. Diakses: 4 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi/all>
- [37] Google Workspace, “Google Sheets API Overview.” Diakses: 15 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://developers.google.com/sheets/api/guides/concepts>
- [38] Google, “Automate & extend Google Workspace with simple code,” Google Workspace. Diakses: 4 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://developers.google.com/apps-script>
- [39] IQAir, “IQAir - Air Quality Solutions,” IQAir. Diakses: 4 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.iqair.com/id/>
- [40] RKI Instruments, “One To Six Gas Portable Monitor Eagle 2 Model.” Diakses: 25 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: www.rkiinstruments.com

