

**PENERAPAN INTERNET OF THINGS UNTUK MEMANTAU KUALITAS  
UDARA DALAM RUANGAN**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh:

**VIRGIL HUTASOIT**

NIM. 2015344015

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI**

**PENERAPAN INTERNET OF THINGS UNTUK MEMANTAU  
KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN**

*Oleh:*

**VIRGIL HUTASOIT**

**NIM.2015344015**

Skripsi Ini Telah Melalui Bimbingan Dan Pengujian Hasil , Disetujui  
untuk Diujikan pada Ujian Skripsi

di

Program Studi D4 Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri  
Bali

Bukit Jimbaran, 18 Maret 2024

Disetujui oleh:

Dosen pembimbing 1



( I Nyoman Kusuma Wardana, S.T., M.Eng., M.Sc. )  
NIP.198609202015041004

Dosen pembimbing 2



( I Made Adi Yasa S.Pd., M.Pd )  
NIP: 198512102019031008

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENERAPAN INTERNET OF THINGS UNTUK MEMANTAU  
KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN**

*Oleh*

**VIRGIL HUTASOIT**

**NIM.2015344015**

Skripsi ini sudah melalui ujian skripsi pada tanggal 14 agustus 2024,  
dan sudah dilakukan perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai skripsi

di

**Program Studi D4 Teknik Otomasi**


**Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali**


**Bukit Jimbaran .....2024**

Disetujui oleh:


Tim penguji

Dosen pembimbing

  
1) Putri Alit Widyastuti Santiary, ST.  
MT)  
NIP. 1976405172000122001

  
1) I Nyoman Kusuma Wardana, S.T., M.Eng., M.Sc.  
NIP.198609202015041004

  
2) I Gede Suputra Widharma, ST., MT)  
NIP. 19721227199031004

  
2) I Made Adiyasa S.Pd., M.Pd.  
NIP.198512102019031008

Diketahui Oleh:

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Ir Kadek Amerta Yasa, ST., MT.**  
NIP. 196809121995121001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul: **Penerapan Internet Of Things Untuk Memantau Kualitas Udara Dalam Ruangan**

Adalah asli hasil karya saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Jimbaran . Agustus 2024

Yang menyatakan



Virgil Hutasoit

NIM.2015344015

## ABSTRAK

Kesehatan fisik makhluk hidup sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang sehat, salah satunya adalah kualitas udara. Salah satu kandungan udara yang sangat penting bagi kehidupan adalah oksigen. Fakta menunjukkan bahwa 80-90% kegiatan manusia dilakukan di dalam ruangan. Salah satu kegiatan dalam ruangan adalah aktivitas perkuliahan di kampus. Mahasiswa, dosen, dan karyawan akademik menghabiskan waktunya dalam lingkungan kampus seperti kelas, ruang perkuliahan, perpustakaan, dan ruang studi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruangan sangat penting bagi kesehatan dan produktivitas mahasiswa. Oleh karena itu penulis membuat sebuah rancang bangun yang berfungsi untuk memonitoring kualitas udara dalam ruangan dan dapat memberikan notifikasi apabila terjadi perubahan kualitas udara yang signifikan.

Alat ini akan memiliki kemampuan untuk melacak parameter udara seperti suhu, kelembapan, dan tekanan serta polusi seperti  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO_2$ , dan VOC dengan bantuan sensor yang digunakan, seperti PMS5003, BME680, SCD41, dan ESP32. Sensor akan mengirimkan data ke Firebase dan disimpan di spreadsheet. Untuk mengevaluasi perubahan kualitas udara dalam dua kondisi ruangan yang berbeda.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di ruangan Admin Jurusan Teknik Elektro, ditemukan bahwa kadar  $CO_2$  menunjukkan perbedaan sebesar 42% antara dua waktu yang berbeda, yaitu pada saat jam kerja dan saat jam kosong. Sementara itu, di ruangan infrastruktur laboratorium, perbedaan kadar  $CO_2$  hanya sebesar 3% antara dua periode waktu tersebut. Untuk perbandingan konsentrasi  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ , hasil pengukuran menunjukkan bahwa perbedaan kadar  $PM_{2.5}$  di ruangan infrastruktur laboratorium adalah sebesar 0,53%. Di sisi lain, perbedaan kadar  $PM_{2.5}$  di ruangan Admin Elektro mencapai 129,5%. Adapun untuk  $PM_{10}$ , perbedaan konsentrasinya di ruangan infrastruktur laboratorium adalah sekitar 1,15%, sedangkan di ruangan Admin Elektro mencapai 152,96%.

## ABSTRACT

*Physical health of living beings is greatly influenced by a healthy environment, one of which is air quality. One of the most important components of air for life is oxygen. It is a fact that 80-90% of human activities are carried out indoors. One such indoor activity is the academic activities at a campus. Students, lecturers, and academic staff spend their time in campus environments such as classrooms, lecture halls, libraries, and study rooms. This indicates that indoor air quality is very important for the health and productivity of students. Therefore, the author has developed a system designed to monitor indoor air quality and provide notifications if there is a significant change in air quality.*

*This device will have the capability to track air parameters such as temperature, humidity, and pressure, as well as pollutants like  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $CO_2$ , and VOCs, with the help of sensors such as PMS5003, BME680, SCD41, and ESP32. The sensors will send data to Firebase and store it in a spreadsheet to evaluate changes in air quality under two different room conditions.*

*Based on observations conducted in the Administration Office of the Electrical Engineering Department, it was found that  $CO_2$  levels showed a 42% difference between two different times, namely during working hours and during off-hours. Meanwhile, in the laboratory infrastructure room, the  $CO_2$  level difference was only 3% between those two periods. For the comparison of  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  concentrations, the measurements showed that the difference in  $PM_{2.5}$  levels in the laboratory infrastructure room was 0.53%. On the other hand, the difference in  $PM_{2.5}$  levels in the Electrical Engineering Admin Office reached 129.5%. As for  $PM_{10}$ , the concentration difference in the laboratory infrastructure room was around 1.15%, while in the Electrical Engineering Admin Office it reached 152.96%.*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat-Nya, yang telah memberikan kekuatan kepada penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Penerapan *Internet Of Things* Untuk Memantau Kualitas Udara Dalam Ruangan” ini dengan baik. Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi akhir program Pendidikan Diploma IV Teknik Otomasi, jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

Sejak dimulainya penulisan proposal skripsi ini hingga selesai, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.e Com., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro PoliteknikNegeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., M.T., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak I Nyoman Kusuma Wardana, S.T., M.Eng., M.Sc. Selaku Dosen pembimbing I
5. Bapak I Made Adi yasa, S.Pd., M.Pd. Selaku Dosen pembimbing II
6. Seluruh tenaga pengajar di Politeknik Negeri Bali, terutama tenaga pengajar di Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali yang telah mendidik dan memberi arahan selama kegiatan perkuliahan
7. Kepada Ibu yang melahirkan saya dan yang slalu memberi nasehat dan motivasi
8. Kepada keluarga dan teman-teman yang selalu membantu dan memberi banyak dukungan serta motivasi.

Penulis



Virgil Hutasoit

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Sensor PMS5003.....	8
2.2.2 Sensor BME680.....	9
2.2.3 Sensor SCD41.....	10
2.3.4 ESP32.....	11
2.2.5 Kodular.....	12
2.2.6 Telegram.....	13
2.2.7 Firebase.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	16
3.1 Metode Penelitian.....	16
3.2 Rancangan Sistem.....	17
3.2.1.1 Rancangan Perangkat.....	17
3.2.1.2 Rancangan Panel Box.....	22
3.2.1.3 Rancangan Alat.....	23
3.2.2 Rancangan Software.....	25
3.2.1 Rancangan Hardware.....	25
3.2.2.1 Rancangan Database.....	25



3.2.2.2. Rancangan Aplikasi <i>Smartphone</i> .....	26
3.3. Pembuatan Alat .....	29
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat .....	29
3.2.2. Alat Dan Bahan .....	30
3.4. Analisa Hasil Penelitian .....	31
3.5. Hasil Yang Diharapkan .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1. Implementasi .....	33
4.1.1. Implementasi Hardware.....	33
4.1.2. Implementasi <i>Software</i> .....	35
4.1.2.1. Implementasi program Arduino IDE .....	36
4.1.2.2. Implementasi Firebase .....	45
4.1.2.3. Implementasi Aplikasi .....	47
4.1.2.4. Implementasi Notifikasi .....	50
4.1.3. Implementasi Penyimpanan Data .....	52
4.2. Pengujian Alat .....	54
4.2.1. Hasil Pengujian Sistem .....	54
4.1.2.1. Analisa Hasil Penelitian.....	54
4.2.1.2. Pengujian Mikrokontroler .....	55
4.2.1.3. Sensor PMS50003.....	56
4.2.1.4. Sensor BME680 .....	56
4.2.1.5. Sensor SCD41 .....	57
4.2.1.6 Pengujian LCD OLED .....	57
4.1.3. Pengujian Aplikasi.....	58
4.1.4. Pengujian Penyimpanan Data .....	60
4.1.5. Pengujian Parameter-parameter yang Diamati .....	62
4.1.5.1. Pengukuran PM <sub>2.5</sub> .....	65
4.1.5.2. Pengukuran PM <sub>10</sub> .....	68
4.2.4.3. Pengukuran CO <sub>2</sub> .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>74</b>
5.1. Kesimpulan.....	74
5.2. Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Sensor PMS5003 .....	8
<b>Gambar 2. 2</b> Modul sensor BME680.....	9
<b>Gambar 2. 3</b> Modul SCD41.....	10
<b>Gambar 2. 4</b> Papan ESP32.....	12
<b>Gambar 2. 5</b> Tampilan antarmuka Kodular .....	13
<b>Gambar 2. 6</b> Logo Telegram.....	14
<b>Gambar 2. 7</b> Sistem arsitektur Firebase.....	15
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram aliran penelitian .....	16
<b>Gambar 3. 2</b> Blok diagram perancangan perangkat mikrokontroler .....	18
<b>Gambar 3. 3</b> Wiring diagram perancangan perangkat mikrokontroler.....	18
<b>Gambar 3. 4</b> Flowchart sistem.....	20
<b>Gambar 3. 5</b> Rancangan box panel.....	22
<b>Gambar 3. 6</b> Rancangan alat.....	23
<b>Gambar 3. 7</b> Bagian rancangan alat.....	23
<b>Gambar 3. 8</b> Bagian kanan box panel alat.....	24
<b>Gambar 3. 9</b> Bagian kiri box panel alat .....	24
<b>Gambar 3. 10</b> Bagian steven screeen.....	25
<b>Gambar 3. 11</b> Rancangan database pada Firebase.....	26
<b>Gambar 3. 12</b> Rancangan database pada Spreadsheet .....	26
<b>Gambar 3. 13</b> Rancangan tampilan aplikasi .....	27
<b>Gambar 3. 14</b> Tampilan halaman utama.....	28
<b>Gambar 3. 15</b> Tampilan utama dengan data berupa tabel .....	29
<b>Gambar.4. 1.</b> Tampak depan.....	33
<b>Gambar.4. 2.</b> Tampak samping kiri .....	34
<b>Gambar.4. 3.</b> Tampak sebelah kanan.....	34
<b>Gambar.4. 4</b> Tampak blakang dan isi box .....	35
<b>Gambar.4. 5</b> Library pada ESP32.....	36
<b>Gambar.4. 6</b> Pengaturan WiFi ESP32 .....	37
<b>Gambar.4. 7</b> Library sensor PMS5003 .....	38
<b>Gambar.4. 8</b> Program untuk cara pembacaan sensor PMS5003.....	39
<b>Gambar.4. 9</b> program inisialisasi nilai data yang dibaca dari objek oleh sensor PMS 5003 .....	40
<b>Gambar.4. 10</b> Program library sensor BME680 .....	40
<b>Gambar.4. 11</b> Program cara baca sensor BME680.....	41

<b>Gambar.4. 12</b> Program deklarasi variabel BME680.....	42
<b>Gambar.4. 13</b> Program library sensor SCD41 .....	42
<b>Gambar.4. 14</b> pin BME680 .....	42
<b>Gambar.4. 15</b> Program cara baca sensor SCD41.....	43
<b>Gambar.4. 16</b> inialisasi untuk membaca sensor.....	44
<b>Gambar.4. 17</b> Program memanggil deklarasi variabel SCD41.....	45
<b>Gambar.4. 18</b> Tampilan data kualitas udara yang diambil dari sebuah database Firebase.....	46
<b>Gambar.4. 19</b> .library firebase .....	46
<b>Gambar.4. 20</b> token auth firebase .....	46
<b>Gambar.4. 21</b> Blok kode halaman pertama .....	47
<b>Gambar.4. 22</b> Gambar blok untuk menampilkan parameter yang diukur .....	48
<b>Gambar.4. 23</b> Blok kode yang digunakan untuk memproses data dari respons web dan menampilkannya dalam tampilan tabel.....	49
<b>Gambar.4. 24</b> Gambar blok kode untuk penyimpanan spreadsheet .....	49
<b>Gambar.4. 25</b> library untuk pemanggilan bot telegram.....	51
<b>Gambar.4. 26</b> BOToken dan CHAT_ID Telegram .....	51
<b>Gambar.4. 27</b> program pemanggilan pesan yang akan disampaikan Bot Telegram.....	51
<b>Gambar.4. 28</b> Tampilan notifikasi yang dikirim bot Telegram .....	52
<b>Gambar.4. 29</b> realtime database .....	53
<b>Gambar.4. 30</b> Gambar kumpulan data yang diterima dari sensor .....	53
<b>Gambar.4. 31.</b> Pengujian Mikrokontroler ESP32 DevKitC V4.....	56
<b>Gambar.4. 32.</b> Keluaran pada software Arduino IDE pada pengujian sensor PMS50003 .....	56
<b>Gambar.4. 33.</b> Keluaran software Arduino IDE pada pengujian sensor BME680.....	57
<b>Gambar.4. 34.</b> Keluaran pada software Arduino IDE pada pengujian sensor SCD41 .....	57
<b>Gambar.4. 35</b> hasil pengujian LCD OLED .....	58
<b>Gambar.4. 36.</b> Tampilan awal aplikasi .....	59
<b>Gambar.4. 37</b> Tampilan halaman monitoring udara.....	59
<b>Gambar.4. 38.</b> halaman data .....	60
<b>Gambar.4. 39.</b> Penyimpanan Data pada Firebase .....	61
<b>Gambar.4. 40</b> Penyimpanan Data pada Kodular .....	62
<b>Gambar.4.4 1.</b> Grafik perbandingan pengukuran parameter CO <sub>2</sub> di ruangan Lab Infrastruktur pada saat jam kerja dan dan jam kosong .....	63
<b>Gambar.4.4 2.</b> Grafik perbandingan pengukuran parameter CO <sub>2</sub> yang diamati di ruangan Admin Jurusan Teknik Elektro dari jam kerja dan jam kosong .....	64
<b>Gambar.4.4 3</b> Box Plot perbandingan data PM <sub>2.5</sub> di ruangan Infrastruktur laboratorium jam kerja dan PM <sub>2.5</sub> ruangan Infrastruktur lab jam kosong .....	65

<b>Gambar.4.4 4</b> Box Plot perbandingan data $PM_{2.5}$ di Ruangan Admin Jurusan Teknik Elektro jam kerja dan $PM_{2.5}$ ruangan Admin Jurusan Teknik Elektro jam kosong.....	67
<b>Gambar.4.4 5.</b> BoxPlot perbandingan data $PM_{10}$ di Ruangan. Infrastruktur laboratorium jam kerja dan jam kosong. ....	69
<b>Gambar.4.4 6.</b> Box Plot perbandingan data $PM_{10}$ di ruangan Admin Jurusan Teknik elektro jam kerja dan jam kosong. ....	70
<b>Gambar.4.47</b> Gambar Boxplot perbandingan parameter $CO_2$ di laboratorium Infrastruktur.....	71
<b>Gambar.4.4 8</b> Box plot perbandingan kandungan $CO_2$ diruangan admin di jam kerja dan jam kosong. ....	72

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2. 1</b> Konversi Nilai Konsentrasi.....	7
<b>Tabel 2. 2</b> Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).....	7
<b>Tabel 3. 1</b> Keterangan wiring diagram .....	18
<b>Tabel 3. 2</b> Penjelasan pin komponen ke pin ESP32 .....	19
<b>Tabel 3. 3</b> Alat-alat keperluan .....	30
<b>Tabel 3. 4</b> Bahan komponen mikrokontroler.....	30
<b>Tabel 3. 5</b> Perangkat lunak yang digunakan.....	30
<b>Tabel 3. 6</b> Tabel Data pemantauan parameter kualitas udara.....	32

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kesehatan fisik makhluk hidup sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang sehat, salah satunya adalah kualitas udara. Salah satu kandungan udara yang sangat penting bagi kehidupan adalah oksigen. Namun demikian, terdapat berbagai pencemaran bahan-bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia baik di dalam maupun di luar ruangan, misalnya formaldehid, karbon monoksida, karbon dioksida, jamur, bakteri, virus, dan debu. Meskipun kadar zat-zat dapat diatur dalam batas tertentu, melebihi batas tersebut dapat berbahaya bagi kesehatan. Menurut World Health Organization (WHO), zat berbahaya yang berasal dari struktur, material konstruksi, peralatan, pembakaran, dan proses pemanasan dapat menyebabkan masalah kesehatan. Monitoring kualitas udara membantu mengetahui tingkat polusi udara di berbagai lokasi ataupun ruangan.

Fakta menunjukkan bahwa 80-90% kegiatan manusia dilakukan di dalam ruangan [1]. Salah satu kegiatan dalam ruangan adalah aktivitas perkuliahan di kampus. Mahasiswa, dosen, dan karyawan akademik menghabiskan waktunya dalam lingkungan kampus seperti kelas, ruang perkuliahan, perpustakaan, dan ruang studi. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas udara dalam ruangan sangat penting bagi kesehatan dan produktivitas mahasiswa [2]. Polusi udara di dalam ruangan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti asap rokok, emisi dari peralatan, zat kimia dalam bahan bangunan, dan polutan lainnya. Jika mahasiswa, dosen serta staf terpapar polusi secara terus-menerus, maka dapat menyebabkan iritasi mata, gangguan pernapasan, gangguan konsentrasi belajar, dan bahkan masalah kesehatan.

Kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), *volatile organic compounds* (VOCs), dan *particulate matter* (baik  $\text{PM}_{2.5}$  maupun  $\text{PM}_{10}$ ) akan menjadi fokus pemantauan dalam penelitian ini.  $\text{PM}_{2.5}$  menggambarkan partikel-partikel kecil yang tersebar di udara dengan diameter kurang dari atau sama dengan 2,5 mikrometer. Karena ukurannya yang sangat kecil, partikel-partikel ini dapat terhirup dan menembus jaringan paru-paru. Penyebab dari partikel udara dapat berasal dari berbagai

sumber, seperti asap kendaraan bermotor, industri, pembakaran biomassa (misalnya kayu bakar), dan aktivitas manusia lainnya. Selain PM<sub>2,5</sub>, terdapat juga istilah PM<sub>10</sub>. PM<sub>10</sub> adalah partikel berukuran kecil yang tersebar di udara dengan diameter kurang dari atau sama dengan 10 mikrometer. PM<sub>10</sub> berasal dari sumber yang hampir sama dengan PM<sub>2,5</sub>, seperti asap kendaraan bermotor, industri, pembakaran biomassa, dan aktivitas manusia lainnya. Selain itu, karena partikel-partikel ini dapat terhirup dan menembus jaringan paru-paru, PM<sub>10</sub> juga memiliki efek kesehatan yang serius bagi kesehatan.

Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting untuk dilakukan, dengan tujuan untuk membantu memantau kualitas udara di dalam ruangan maupun lingkungan lainnya. Alat monitoring ini akan memantau perubahan kualitas udara secara bertahap. Data yang diperoleh dari alat monitoring kualitas udara ini dapat membantu dalam mengidentifikasi tren perubahan, seperti peningkatan atau penurunan tingkat polusi udara, dan memahami faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pada saat tingkat polusi udara yang tinggi, mahasiswa ataupun karyawan akademik dapat mengambil tindakan pencegahan, seperti menghindari aktivitas yang menyebabkan polusi udara, atau mengenakan masker wajah untuk mengurangi dampak negatif akibat kualitas udara yang buruk. Selain itu, alat ini akan menerapkan media *Internet of Things* (IoT) untuk melakukan pemantauan kualitas udara. Alat ini nantinya akan mengembangkan sistem notifikasi yang dapat menginformasikan mengenai kualitas udara pada suatu lingkungan dan dapat merekam data kualitas udara secara *real-time* dan berbasis *Internet of Things* (IoT)

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, alat ini dibuat untuk mempermudah/membantu manusia dalam melakukan pemantauan kualitas udara secara otomatis yang datanya *real-time* dan akurat. Dengan demikian, penghuni ruangan dapat mengantisipasi jika terjadi perubahan kualitas udara yang tiba-tiba yang tidak baik untuk kesehatan manusia ataupun makhluk hidup di sekitarnya.

Dari permasalahan yang telah disampaikan sebelumnya, maka dirumuskan masalah penelitian, sebagai berikut:



1. Bagaimanakah merancang alat untuk memantau kualitas udara (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, dan VOC), serta parameter lingkungan dalam ruangan (suhu, kelembapan, dan tekanan udara).
2. Bagaimanakah mengintegrasikan alat ke sistem *Internet of Things* dan menyimpan hasil pengukuran ke database dan ditampilkan melalui aplikasi?
3. Bagaimana mengembangkan sistem notifikasi yang dapat menginformasikan mengenai kualitas udara pada suatu lingkungan dan dapat merekam data kualitas udara secara *real-time* dan berbasis *Internet of Things* (IoT)?
4. Bagaimanakah karakteristik dan tingkat polusi udara berdasarkan pola pemakaian ruangan?

Rumusan masalah ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi tantangan utama dalam pengembangan alat monitoring kualitas udara serta mengarahkan fokus pada solusi yang dapat mengatasi masalah-masalah tersebut.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam pembuatan alat monitoring kualitas udara ini, skripsi berfokus pada aspek yang relevan dan penting dalam pemantauan dan pencegahan perubahan kualitas udara yang berdampak pada kesehatan makhluk hidup disekitarnya. Dengan demikian, ruang lingkup penelitian akan dibatasi pada:

1. Fokus pada pengukuran parameter polusi udara tertentu, seperti PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), *volatile organic compounds* (VOCs) dan parameter lingkungan (suhu, kelembapan, tekanan udara).
2. Manajemen database menggunakan Firebase, dan menampilkan antarmuka menggunakan Kodular.
3. Tempat pengukuran kualitas udara difokuskan di dalam ruangan lebih tepatnya di ruangan laboratorium.
4. Pola pemakaian ruangan yang diukur dibedakan antara jam kerja dan jam kosong/libur
5. Mengembangkan sistem notifikasi yang dapat menginformasikan mengenai kualitas udara pada suatu lingkungan dan dapat merekam data kualitas udara secara *real-time* dan berbasis *Internet of Things* (IoT).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian latar belakang serta perumusan masalah sebelumnya, maka dapat dijabarkan tujuan dari pembuatan alat ini yaitu:

1. Dapat merancang alat untuk memantau kualitas udara (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, dan VOC), serta parameter lingkungan dalam ruangan (suhu, kelembapan, dan tekanan udara).
2. Dapat mengintegrasikan alat ke sistem *Internet of Things*.
3. Alat monitoring dapat menyimpan hasil pengukuran ke database dan ditampilkan melalui aplikasi.
4. Mengembangkan sistem notifikasi yang dapat menginformasikan mengenai kualitas udara pada suatu lingkungan dan dapat merekam data kualitas udara secara *real-time* dan berbasis *Internet of Things* (IoT)

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam dua bagian utama:

- a) Manfaat Akademik
  - Penelitian ini dapat mendorong pengembangan metode dan sensor baru untuk memonitor kualitas udara dengan lebih akurat, efisien, dan terjangkau.
  - Penelitian ini dapat memperdalam pemahaman tentang hubungan antara kualitas udara, aktivitas manusia, dan dampaknya terhadap kesehatan dan lingkungan.
- b) Manfaat Aplikatif
  - Dengan adanya penelitian ini, diharapkan alat monitoring dapat memantau polutan berbahaya seperti PM<sub>2.5</sub>, ozon, dan gas beracun, serta memberikan peringatan dini tentang bahaya bagi kesehatan masyarakat.
  - Alat monitoring dapat digunakan untuk memantau kualitas udara di gedung-gedung dan lingkungan kerja tertutup.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Implementasi alat yang dibuat sudah berjalan sesuai yang diharapkan. Semua sensor yang digunakan sudah dapat berfungsi dengan baik dengan mendeteksi parameter udara yang ada di dalam ruangan. Dalam penelitian ini, Penulis menggunakan tiga jenis sensor, yaitu PMS5003, BME680, dan SCD41. Sensor-sensor ini digunakan untuk melacak parameter udara seperti suhu, kelembapan, dan tekanan serta polusi seperti PM<sub>25</sub>, PM<sub>10</sub>, CO<sub>2</sub>, dan VOC. Pada alat monitoring kualitas udara ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dimana mikrokontroler ini biasa digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT). Ketika digunakan dalam alat monitoring kualitas udara, ESP32 dapat memberikan konektivitas nirkabel dan kemampuan pemrosesan data yang memadai. ESP32 dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan alat monitoring untuk terhubung ke jaringan nirkabel atau perangkat lain. Ini memfasilitasi pengiriman data ke server atau penerimaan perintah dari perangkat eksternal.
2. Alat ini sudah diintegrasikan ke sistem *Internet of Things*. Dalam proses pengintegrasian alat dilakukan beberapa tahap utama yaitu:
  - a. Pemilihan dan Koneksi Sensor
  - b. Pengumpulan data dengan Mikrokontroler
  - c. Menghubungkan ke Internet
  - d. Penyimpanan data di Database
  - e. Pembuatan aplikasi untuk menampilkan Data

Tahap tersebut merupakan gambaran umum tentang bagaimana proses pengintegrasian alat ke sistem *internet of things*, menyimpan data di database, dan menampilkannya melalui aplikasi

3. Sistem Notifikasi telah diimplementasikan dengan baik dapat dilihat lewat demo alat yang telah dilakukan dimana alat dapat memberikan notifikasi apabila ada perubahan parameter udara yang melewati batas ambang yang sudah ditentukan. Untuk memberikan notifikasi real-time kepada pengguna mengenai kualitas udara di suatu ruangan penulis menggunakan bot telegram. Dengan menggunakan bot telegram ini, pengguna bisa mengetik */airquality* di Telegram dan mendapatkan notifikasi tentang kualitas udara di lokasi yang telah ditentukan. Bot juga bisa dikustomisasi untuk mengirim notifikasi secara otomatis berdasarkan interval waktu tertentu atau ketika parameter kualitas udara mencapai nilai tertentu.
4. Dari perbandingan data yang diterima selama pemasangan alat dalam ruangan dapat disimpulkan variasi data parameter udara selama jam kerja menunjukkan variasi yang lebih besar dengan rentang interkuartil yang lebih luas dan *outliers* yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa kualitas udara lebih tidak konsisten selama jam kerja. Konsentrasi parameter udara cenderung lebih tinggi selama jam kerja dibandingkan dengan jam kosong,

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan untuk pengembangan selanjutnya, penulis menyampaikan beberapa saran, antara lain:

- a. Diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan keandalan sistem pemantauan. Penggunaan sensor-sensor tambahan dan peningkatan algoritma pemrosesan data dapat membantu dalam memberikan hasil yang lebih akurat.
- b. Mengingat pentingnya kualitas udara dalam berbagai lingkungan, sistem ini dapat diimplementasikan dalam skala yang lebih besar seperti di kantor, rumah sakit, dan tempat umum lainnya untuk memantau dan memastikan kualitas udara yang sehat.
- c. Sistem notifikasi yang lebih canggih dapat dikembangkan untuk memberikan rekomendasi tindakan yang harus diambil ketika kualitas udara menurun, seperti membuka jendela, menggunakan pembersih udara, atau meninggalkan ruangan sementara waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. A. Postolache, J. M. Dias Pereira, and P. M. B. Silva Girão, “Smart sensors network for air quality monitoring applications,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 58, no. 9, pp. 3253–3262, 2009, doi: 10.1109/TIM.2009.2022372.
- [2] C. Schweizer *et al.*, “Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe,” *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.*, vol. 17, no. 2, pp. 170–181, 2007, doi: 10.1038/sj.jes.7500490.
- [3] T. F. Arya, M. Faiqurahman, and Y. Azhar, “Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Sistem Monitoring Dan Klasifikasi Kualitas Udara,” *Sistemasi*, vol. 7, no. 3, p. 281, 2018, doi: 10.32520/stmsi.v7i3.312.
- [4] J. M. S. Waworundeng and O. Lengkong, “Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT,” *CogITO Smart J.*, vol. 4, no. 1, pp. 94–103, 2018, doi: 10.31154/cogito.v4i1.105.94-103.
- [5] G. C. Rumampuk, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagit, “Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design,” *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 11–18, 2021.
- [6] L. Tan and N. Wang, “Future Internet: The Internet of Things,” *ICACTE 2010 - 2010 3rd Int. Conf. Adv. Comput. Theory Eng. Proc.*, vol. 5, pp. 376–380, 2010, doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579543.
- [7] M. Kusnandar, “Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020,” *Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udar.*, pp. 1–16, 2020.
- [8] A. R. Utamy, Siswanto, and Sutarti, “Prototype Wireless Sensor Network Sistem Pengukuran Debu Dan Suhu Udara Berbasis Mqtt Server,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 152–164, 2023, doi: 10.30656/prosisko.v10i2.7158.
- [9] “PMS5003.” [Online]. Available: sumber: <https://www.amazon.in/Particle-PMS5003-Digital-Purifier-Monitoring/dp/B07S3735CY>
- [10] M. Rizal, A. Arifin, M. F. Rasyd, A. Asvin, M. Suradi, and A. Bahtiar, “Design and Implementation of a Real-Time Air Pollution Monitoring System Based on Android at SMKS Darul Ulum Layoa Bantaeng Desain dan Implementasi Sistem Pemantauan Polusi Udara Berbasis Android Real-Time di SMKS Darul Ulum Layoa Bantaeng,” vol. 3, no. October, pp. 143–152, 2023.
- [11] “BME680.” [Online]. Available: <https://www.kiwi-electronics.com>
- [12] “SCD41.” [Online]. Available: <https://thepihut.com/cdn/shop/products/scd41-co2->
- [13] “ESP32.” [Online]. Available: [https://m.media-amazon.com/images/I/612eALAbpgL.\\_SX522\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/612eALAbpgL._SX522_.jpg)
- [14] A. P. Putro, D. A. Hidayat, F. F. Heratama, A. D. Cahyo, D. E. Yulian, and Y. A. Prabowo, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dengan Sensor MQ2 Berbasis Internet of Things,” ... *Tek. Elektro, Sist.* ..., pp. 217–224, 2023, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/snestik/article/view/4214%0Ahttp://ejurnal.itats.ac.id/snestik/article/download/4214/3092>
- [15] “Tampilan kodular.” [Online]. Available: <https://docs.kodular.io/guides/hello->

world

- [16] Telegram, “Logo Telegram.” 2020. [Online]. Available: [https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Telegram\\_logo.svg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Telegram_logo.svg)
- [17] D. H. Yunardi, A. Misbullah, and G. Gemilang, “Rancang Bangun Sistem Web Monitoring Kualitas Udara Di Dalam Ruangan Menggunakan Logika Fuzzy,” *Cybersp. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 1, p. 25, 2023, doi: 10.22373/cj.v7i1.17363.
- [18] “sistem arsitektur firebase.” [Online]. Available: <https://alan.co.id/keunggulan-technology-stack-firebase-apa-saja/#keunggulan-technology-stack-firebase>
- [19] M. U. Zafira, K. Ghozali, and I. A. Sabilla, “Rancang Bangun Prototype Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan,” *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 2, pp. 91–96, 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i2.86341.
- [20] Subagiyo, Heri, et al. "Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Kualitas Udara." *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri* 18.1 (2021): 72-79.