

Indoor Air Quality Monitoring System

Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan

Gita C. Ulaan, Vecky C. Poekoel, Abdul H. J. Ontowirjo

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia

gitaulaan@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, aharisjo@unsrat.ac.id

Received: 8 July 2021; revised: 22 January 2022; accepted: 23 January 2022

Abstract — Air quality in a room is a problem that needs attention because it can affect human health. The causes of indoor air quality problems in the form of chemical pollutants, physical pollutants, and biological pollutants that have a negative impact on health, comfort and productivity. Therefore, in this study a system was designed that can monitor air quality levels, CO₂, dust, smoke, CO, and H₂. Air quality levels can be measured with the MQ-135 sensor to detect air quality, the MG-811 sensor to detect carbon dioxide (CO₂), the dust sensor to detect PM 2.5 particles, the MQ-2 sensor to detect smoke, the MQ-9 sensor to detect carbon monoxide (CO), MQ-8 sensor to detect hydrogen (H₂) and using ESP32 as a microcontroller. The readings from the sensor will be continued by sending the information obtained in real time to an android smartphone using the ESP32 bluetooth module. The application development stage includes analysis, system design, implementation, and testing. Applications made can display the results of monitoring data. So that users can know the air quality in a room. The results of research using this tool can be used as a tool to monitor air quality in a room.

Keywords — Air Quality; ESP32 Bluetooth Module; Monitoring; Sensor

Abstrak — Kualitas udara dalam suatu ruangan merupakan masalah yang perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Penyebab timbulnya masalah kualitas udara dalam ruangan berupa polutan kimia, polutan fisik dan polutan biologis yang memberikan dampak negatif terhadap kesehatan, kenyamanan dan produktivitas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem yang dapat memonitoring kadar kualitas udara, CO₂, debu, asap, CO, dan H₂. Tingkat kualitas udara dapat diukur dengan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kualitas udara, sensor MG-811 untuk mendeteksi karbon dioksida (CO₂), sensor dust untuk mendeteksi partikel PM 2.5, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap, sensor MQ-9 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO), sensor MQ-8 untuk mendeteksi hidrogen (H₂) dan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. Hasil pembacaan dari sensor nantinya dilanjutkan dengan mengirim informasi yang didapat secara *real time* ke *smartphone* android dengan menggunakan modul bluetooth ESP32. Tahap pengembangan aplikasi meliputi analisis, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Aplikasi yang dibuat dapat menampilkan hasil data monitoring. Sehingga pengguna dapat mengetahui kualitas udara pada suatu ruangan. Hasil penelitian penggunaan alat ini dapat digunakan sebagai alat untuk memantau kualitas udara dalam suatu ruangan.

Kata kunci — Kualitas Udara; Modul Bluetooth ESP32; Monitoring; Sensor

I. PENDAHULUAN

Udara merupakan kebutuhan yang paling utama dalam keberlangsungan hidup semua makhluk hidup, terutama pada manusia. Udara yang bersih sangat berpengaruh terhadap kesehatan fisik dan mental manusia, terlebih khusus udara yang ada dalam ruangan yang menjadi faktor penting dan perlu diperhatikan untuk menunjang kesehatan, karena kebanyakan dari kita menghabiskan banyak waktu dengan berada di dalam ruangan, baik di rumah, tempat kerja, sekolah, serta supermarket. Menurut *World Health Organization* (WHO) terdapat zat berbahaya yang berasal dari bangunan, material konstruksi, peralatan dalam ruangan, proses pembakaran atau pemanasan yang dapat memicu masalah kesehatan. Akan tetapi kita sering tidak menyadari akan penyebab dan bahaya kualitas udara yang buruk di dalam ruangan, ruangan bisa saja memiliki kotoran, debu, atau gas tertentu yang tidak terlihat.[1]

Terdapat banyak faktor yang menyebabkan masalah pencemaran kualitas udara dalam ruangan. Faktor utama penyebab buruknya kualitas udara dalam ruangan adalah tidak lancarnya sirkulasi udara, juga aktivitas manusia yang sering di anggap biasa tetapi dapat menimbulkan pencemaran udara. Selain itu, kualitas udara dalam ruangan juga dipengaruhi oleh udara yang berasal dari luar ruangan yang masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi udara. Kualitas udara sangat mempengaruhi kesehatan penghuni di dalamnya, selain itu dapat pula mempengaruhi kenyamanan dan produktivitas. Kualitas udara yang buruk tidak dapat diabaikan begitu saja, karena akan membawa dampak negatif berupa keluhan gangguan kesehatan. Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara secara real time sangat penting dilakukan. Untuk itu diperlukan sebuah aplikasi yang dapat memantau tingkat kualitas udara dalam ruangan secara terus-menerus dengan mudah.

A. Penelitian Terkait

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Syahputra Novelan, 2020, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi *Android*”. Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara.[2]

- 2) Penelitian yang dilakukan oleh Nogar Silitonga, Yuniman Telaumbanua, dan Harlen Gilbert Simanullang, 2021, “Pengembangan Perangkat IoT Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis *Android*”. Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara.[3]
- 3) Penelitian yang dilakukan oleh Imam Fadli, dan Ery Safrianti, 2020, “Pembangunan Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Gas dalam Ruangan dengan *Platform* IoT dan Notifikasi via *Android*”. Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara.[4]
- 4) Penelitian yang dilakukan oleh Kurniansyah Pratama dan Eko Budi Setiawan, 2017, “Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan *Exponential Smoothing* dan Node MCU Berbasis *Mobile Android*”. Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara.[5]

B. *Android*

Android adalah *platform* perangkat lunak dan sistem operasi untuk perangkat seluler layar sentuh seperti *smartphone* dan komputer tablet, yang berdasarkan pada kernel Linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi utama berbasis Linux dan Java. *Android* merupakan salah satu sistem operasi yang paling banyak digunakan dan bersifat *open source*, sehingga terbuka bagi para pengguna untuk mengembangkan atau membuat aplikasi mereka sendiri. Awalnya, pada tahun 2003 *android* merupakan proyek dari perusahaan teknologi amerika, *Android Inc.*, yang mengembangkan sistem operasi untuk kamera digital, dan pada tahun 2004 proyek ini berubah menjadi sistem operasi untuk *smarthphone*. Selanjutnya Google mengakuisisi sistem operasi tersebut pada tahun 2005. Untuk mengembangkan *Android* kemudian didirikannya *Open Handset Alliance* konsorsium lebih dari 30 perusahaan perangkat keras, perangkat lunak, dan telekomunikasi pada tahun 2007 bersama dengan perilis perdana *Android*. Tujuan aliansi ini untuk berkontribusi pada pengembangan platform sumber terbuka untuk perangkat seluler.[6]

C. *MIT App Inventor*

MIT App Inventor adalah aplikasi inovatif yang dikembangkan Google dan MIT untuk mengenalkan dan mengembangkan pemrograman *android* dengan mentransformasikan bahasa pemrograman yang kompleks berbasis teks menjadi berbasis visual (*drag and drop*) berbentuk blok-blok. Bertujuan untuk membantu merancang dan mengimplementasikan aplikasi seluler dengan fungsionalitas penuh pada sistem operasi *Android*.[7]

D. *Metode air terjun*

Metode air terjun atau sering disebut metode *waterfall* merupakan salah satu siklus hidup klasik (*Classic life cycle*) dalam pengembangan perangkat lunak. Metode ini menggambarkan pendekatan yang cukup terstruktur, dengan lima tahap yaitu *requirements definitions* dimana pengembang harus mengetahui dan memahami terlebih dahulu seluruh informasi mengenai kebutuhan *software*, *System & software Design* tahap ini memberikan gambaran besar dari apa yang harus dikerjakan dan bagaimana tampilan dari sebuah sistem

yang diinginkan, *Implementation & Unit Testing* tahap ini merupakan tahap pemrograman, *Integration & System Testing* tahap keempat ini akan dilakukan penggabungan modul-modul yang sudah dibuat sebelumnya dan *Operation & Maintenance* Pada tahap terakhir ini, *software* yang sudah jadi akan dijalankan atau dioperasikan oleh penggunaanya dan dilakukan pemeliharaan.[8]

E. *Sensor dan Perangkat Pendukung*

Sensor adalah perangkat yang merespon setiap perubahan dalam fenomena fisik atau variabel lingkungan, seperti cahaya, gaya, suhu, tekanan, listrik, gerakan, kelembapan, kecepatan, dll. Perubahan ini memengaruhi sifat fisik, kimia, atau elektromagnetik dari sensor yang selanjutnya diproses ke bentuk yang lebih dapat digunakan dan dibaca oleh suatu rangkaian elektronik. Setelah mengamati perubahan, input yang terdeteksi akan dikonversikan menjadi output yang diubah menjadi tampilan yang mudah dibaca dan dipahami oleh pengguna, baik melalui perangkat sensor itu sendiri atau di transmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk dibaca atau diproses menjadi data yang bermanfaat bagi pengguna. Sensor digunakan untuk pendeteksian saat melakukan suatu aktivitas seperti pengukuran dan pengendalian. Pada perancangan sistem ini ada beberapa sensor yang digunakan. Sensor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1 menunjukkan sensor MQ 135, gambar 2 menunjukkan sensor MG811, gambar 3 menunjukkan sensor Dust PM2.5, gambar 4 menunjukkan sensor MQ2, gambar 5 menunjukkan sensor MQ9, gambar 6 menunjukkan sensor MQ8, gambar 7 menunjukkan Mikrokontroler ESP32.

F. *Index Kualitas Udara*

Kualitas udara di dalam ruang rumah dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain, bahan bangunan (misal; asbes), struktur bangunan (misal; ventilasi), bahan pelapis untuk furniture serta interior (pada pelarut organiknya), kepadatan hunian, kualitas udara luar rumah (*ambient air quality*), radiasi dari Radon (Rd), formaldehid, debu, dan kelembaban yang berlebihan. Selain itu, kualitas udara juga dipengaruhi oleh kegiatan dalam rumah seperti dalam hal penggunaan energi tidak ramah lingkungan, penggunaan sumber energi yang relatif murah seperti batubara dan biomasa (kayu, kotoran kering dari hewan ternak, residu pertanian), perilaku merokok dalam rumah, penggunaan pestisida, penggunaan bahan kimia pembersih, dan kosmetika. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengeluarkan polutan yang dapat bertahan dalam rumah untuk jangka waktu yang cukup lama.

Saat ini indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Dalam keputusan tersebut yang dipergunakan sebagai bahan pertimbangan diantaranya, bahwa untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara perlu disusun Indeks Standar Pencemar Udara.[9]

Indeks Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.

Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Pada Tabel I menunjukkan indeks standar pencemaran udara, pada Tabel II menunjukkan persyaratan kimia kualitas udara, dan Tabel III menunjukkan batas nilai indeks dan kategori masing-masing parameter.

Data Indeks Standar Pencemar Udara diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan Kualitas Udara Ambien Otomatis. Sedangkan Parameter Indeks Standar Pencemar Udara Meliputi, Partikulat (PM10), Karbondioksida (CO), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Ozon (O₃). (lihat tabel II)

II. METODE

A. Metode Pengembangan Sistem

Aplikasi ini dibuat menggunakan metode air terjun. Metode ini dipilih karena sifatnya yang sistematis dan sekuensial dengan tahapan-tahapan : Mencari informasi dan menganalisisnya, Mendesain Sistem dan Aplikasi, Penulisan *Source Code* Aplikasi, Pengujian Sistem dan Aplikasi dan pemeliharaan. (lihat gambar 8)

B. Konsep Perancangan Alat

Dalam penelitian pembuatan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan ini, menggunakan dua unsur utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Konsep dasar ini menjadi pedoman untuk merancang sesuatu, dimana konsep itu sendiri terdapat langkah-langkah dan petunjuk yang menunjang dalam desain.

Masukkan tersebut merupakan sensor, sensor-sensor ini digunakan untuk memonitoring kualitas udara dalam ruangan. Sensor ini di hubungkan ke mikrokontroler ESP32 dengan menggunakan kabel jumper.

Setelah mikrokontroler ESP32 membaca masukkan data dari sensor, kemudian data di kirim ke aplikasi *android* melalui modul *bluetooth*, kemudian data yang diterima akan ditampilkan hasilnya melalui aplikasi *Android*. (lihat gambar 9)

C. Desain Interface

Proses desain *interface* aplikasi menggunakan *storyboard* untuk memvisualisasikan *interface* dari aplikasi yang dibuat. Tampilan desain *interface* aplikasi yang dibuat. Dimana akan di tampilkan angka dan grafik suatu sistem yang menampilkan nilai kualitas udara, CO₂, partikel air PM2.5, asap, gas CO dan H₂ secara langsung. (lihat gambar 10)

D. Desain Perangkat Keras

Perancangan sistem monitoring kualitas udara ini menggunakan beberapa perangkat dan komponen berupa, mikrokontroler ESP32, sensor debu/partikel PM2.5, sensor CO₂, sensor MQ135, sensor MQ8, sensor MQ2 dan sensor

MQ9. Pada bagian ini menjelaskan rangkaian dari komponen sensor Dust PM 2.5, MG811, MQ135, MQ2, MQ8, dan MQ9 terhubung ke dalam mikrokontroler ESP32, kemudian untuk pengiriman data menggunakan modul *Bluetooth* yang dimiliki ESP32. (lihat gambar 11)

Sistem pengkabelan dari sistem monitoring kualitas udara ini terhubung dengan suplai listrik tegangan DC yang berasal dari baterai yang terhubung dengan regulator *step up/down* untuk memberikan suplai tegangan pada rangkaian.

E. Diagram Alir Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler dan telah dilengkapi sensor MQ-135, MQ-2, MQ-8, MQ-9, MG-811 dan sensor partikel air PM2.5, lalu modul *bluetooth* ESP32 akan menerima data dari sensor serta mengirimkan data dan ditampilkan pada aplikasi *android*. (lihat gambar 12)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras terdiri dari keseluruhan pembuatan perangkat keras sistem. Sistem monitoring kualitas udara ini menggunakan perangkat keras sebagai berikut, ESP32 *Development Kit* sebagai *board* yang digunakan merancang aplikasi dan mengirim via *Bluetooth*., Sensor analog gas CO₂ MG-811 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi CO₂ pada udara, Sensor debu/partikel PM2.5 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi partikel yg sangat halus seperti debu, Sensor *air quality hazardous* gas MQ135 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi beberapa gas yang mencemari udara atau membahayakan kesehatan manusia seperti *ammonia, aromatic compounds, sulfur, benzene vapor, smoke*, NH₃, Nox, dan lain-lain, Sensor analog gas hidrogen (H₂) MQ8 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas hidrogen (H₂) pada udara, Sensor analog gas *carbon monoxide* (CO) MQ7 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas karbon monooksida pada udara, Sensor analog gas MQ2 sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas LPG, asap, *propane, methane, alcohol* pada udara. (lihat gambar 13)

B. Implementasi Perangkat Lunak

Pada tahap ini merupakan pembuatan tampilan monitoring kualitas udara dalam ruangan yang akan menampilkan hasil bacaan sensor dan tampilan grafik yang menggunakan *Mit App Inventor* yang dibuat dengan *block coding* untuk menjalankan aplikasi yang dibuat. Tampilan dapat dilihat pada gambar 14 yang menunjukkan tampilan desain, gambar 15 menunjukkan tampilan *blocks*, gambar 16 menunjukkan tampilan *blocks* grafik.

C. Pengambilan Data

Sebelum data di kirim, Arduino terlebih dahulu mengambil input atau masukan data dari sensor sebagai data yang akan di jadikan acuan untuk ditampilkan. Pada proses ini sensor akan mengukur tingkat kualitas udara.

Setelah data masukan dari sensor berhasil diambil maka

proses selanjutnya adalah pengiriman data. Proses pengiriman data kemudian diteruskan ke aplikasi *android* dengan modul *bluetooth*. (lihat gambar 17)

D. Tampilan Monitoring Kualitas Udara Berbasis Android

Pada tahap ini data yang berhasil dikirim akan ditampilkan pada aplikasi *android* yang dibuat. Pada tampilan aplikasi ini, menampilkan hasil dari sensor-sensor dengan tampilan angka dan grafik yang mudah dipahami. Hasil aplikasi yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 18 dan gambar 19. Pada gambar 18 menunjukkan tampilan awal aplikasi *android* dan pada gambar 19 menunjukkan tampilan grafik.



Gambar 1. Sensor MQ135



Gambar 2. Sensor MG811



Gambar 3. Sensor Dust PM2.5



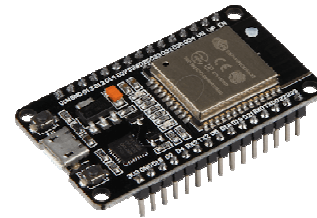
Gambar 4. Sensor MQ2



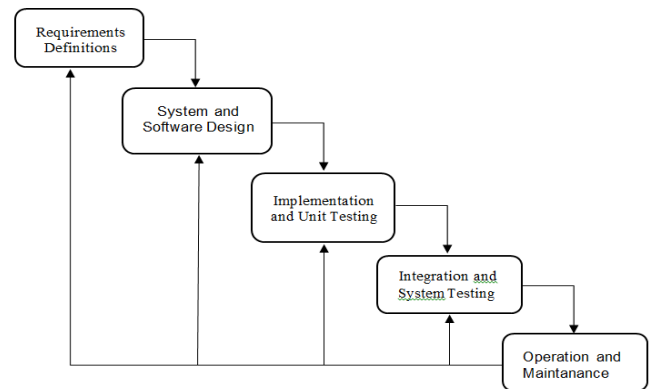
Gambar 5. Sensor MQ9



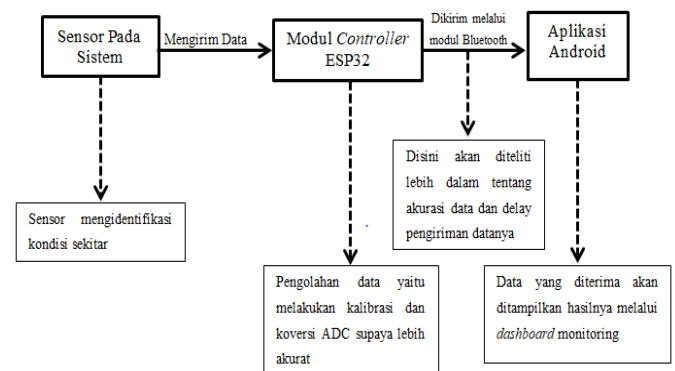
Gambar 6. Sensor MQ8



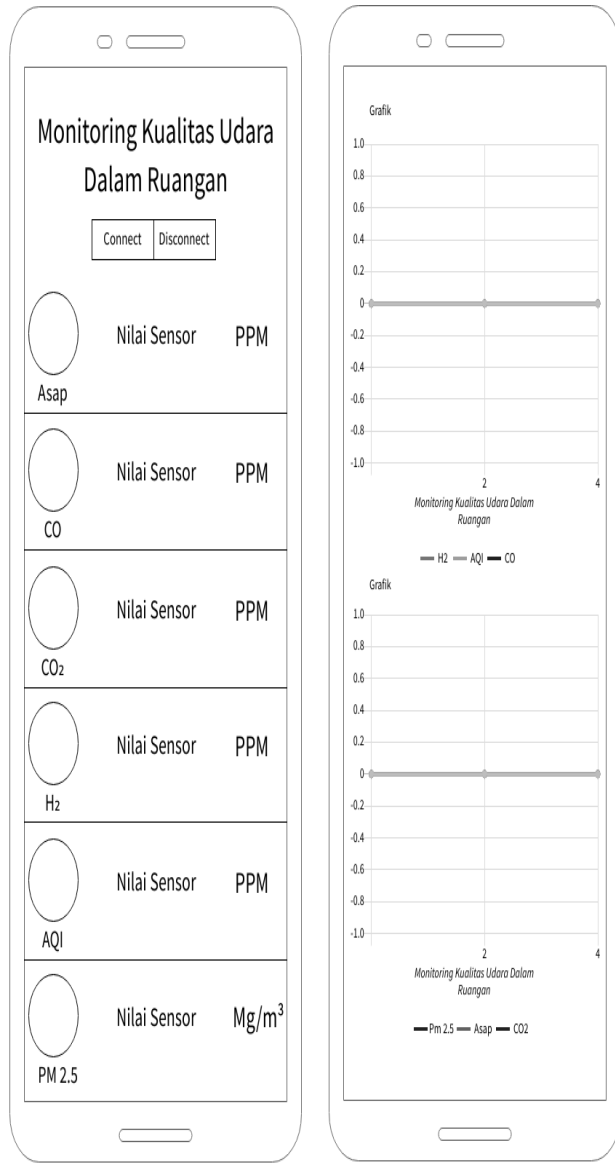
Gambar 7. Mikrokontroler ESP32



Gambar 8. Metode Pengembangan Sistem



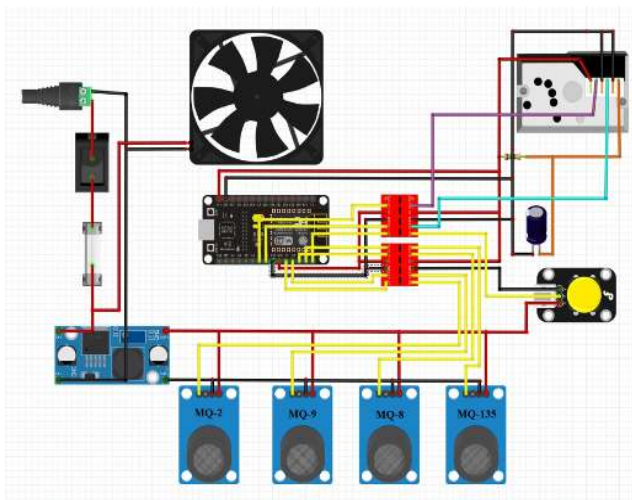
Gambar 9. Bagan Sistem Monitoring Kualitas Udara



Gambar 10. Storyboard tampilan aplikasi



Gambar 12. Diagram Alir Sistem



Gambar 11. Desain dan Rangkaian Komponen



Gambar 13. Rangkaian Sistem Monitoring

TABEL I
RENTANG INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA

Kategori	Rentang	Penjelasan
Baik	0 - 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika.
Sedang	51 - 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia maupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101 - 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200 - 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius

8.	<i>Volatile Organic Compound (VOC)</i>	ppm	3	8 jam
9.	<i>Enviroment Tobacco Smoke (ETS)</i>	µg/m ³	35	24 jam



Gambar 14. Tampilan Desain Mit App Inventor

TABEL II
PERSYARATAN KIMIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimal yang dipersyaratkan	Keterangan
1.	<i>Sulfur dioksida (SO₂)</i>	ppm	0,1	24 jam
2.	<i>Nitrogen dioksida (NO₂)</i>	ppm	0,04	24 jam
3.	<i>Carbon monosikda (CO)</i>	ppm	9,00	8 jam
4.	<i>Carbondioksida (CO₂)</i>	ppm	1000	8 jam
5.	<i>Timbal (Pb)</i>	µg/m ³	1,5	15 menit
6.	Asbes	Serat/ml	5	Panjang serat 5µ
7.	<i>Formaldehid (HCHO)</i>	ppm	0,1	30 menit



Gambar 15. Tampilan Blocks

TABEL III
BATAS NILAI-NILAI INDEKS DAN KATEGORI MASING-MASING PARAMETER

<i>These breakpoints</i>							<i>Equal these PSis</i>	<i>Category</i>
O₃ (ppm) 8-hour	O ₃ (ppm) 1-hour ¹	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)		
0.000 – 0.069	-	0 - 54	0.0 – 15.4	0.0 – 4.4	0.000 – 0.034	(2)	0 - 50	<i>Good</i>
0.070 – 0.084	-	55 - 154	15.5 – 65.4	4.5 – 9.4	0.035 – 0.144	(2)	51 - 100	<i>Moderate</i>
0.085 – 0.104	0.125 – 0.164	155 - 254	65.5 - 4 ³	9.5 - 12.4	0.145 – 0.224	(2)	101 – 150	<i>Unhealthy for sensitive groups</i>
0.105 – 0.124	0.165 – 0.204	255 - 354	100.5 ³ - 150.4 ³	12.5 – 15.4	0.225 – 0.304	(2)	151 – 200	<i>Unhealthy</i>
0.125 – 0.374	0.205 – 0.404	355 - 424	150.5 ³ - 250.4 ³	15.5 – 30.4	0.305 – 0.604	0.65 – 1.24	201 – 300	<i>Very unhealthy</i>
(2)	0.405 – 0.504	425 - 504	250.5 ³ - 350.4 ³	30.5 – 40.4	0.605 – 0.804	1.25 – 1.64	301 – 400	
(2)	0.505 – 0.604	505 - 604	350.5 ³ - 500.4 ³	40.5 – 50.4	0.805 – 1.004	1.65 – 2.04	401 – 500	<i>Hazardous</i>

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN ALAT

Waktu	Alat TA	Pembanding
16.11	0.02	0.02
16.12	0.01	0.03
16.13	0.02	0.03
16.14	0.02	0.05
16.15	0.03	0.02
16.16	0.03	0.02
16.17	0.02	0.02
16.18	0.03	0.02
16.19	0.03	0.03
16.20	0.03	0.02
16.21	0.02	0.02

TABEL V
UJI NORMALITAS SHAPIRO-WILK

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Monitoring_Kualitas_Udara	.786	11	.006
Alat_Pembanding	.650	11	.000

TABEL VI
KLASIFIKASI SKALA LIKERT

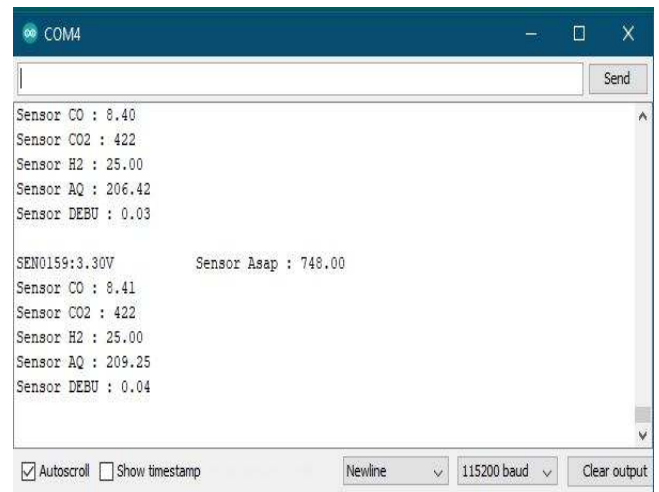
No	Kategori	Nilai
1	Sangat Benar	5
2	Benar	4
3	Cukup Benar	3
4	Tidak Benar	2
5	Sangat Tidak Benar	1

TABEL VII
HASIL PRESENTASE KUESIONER KEPUASAN PENGGUNA

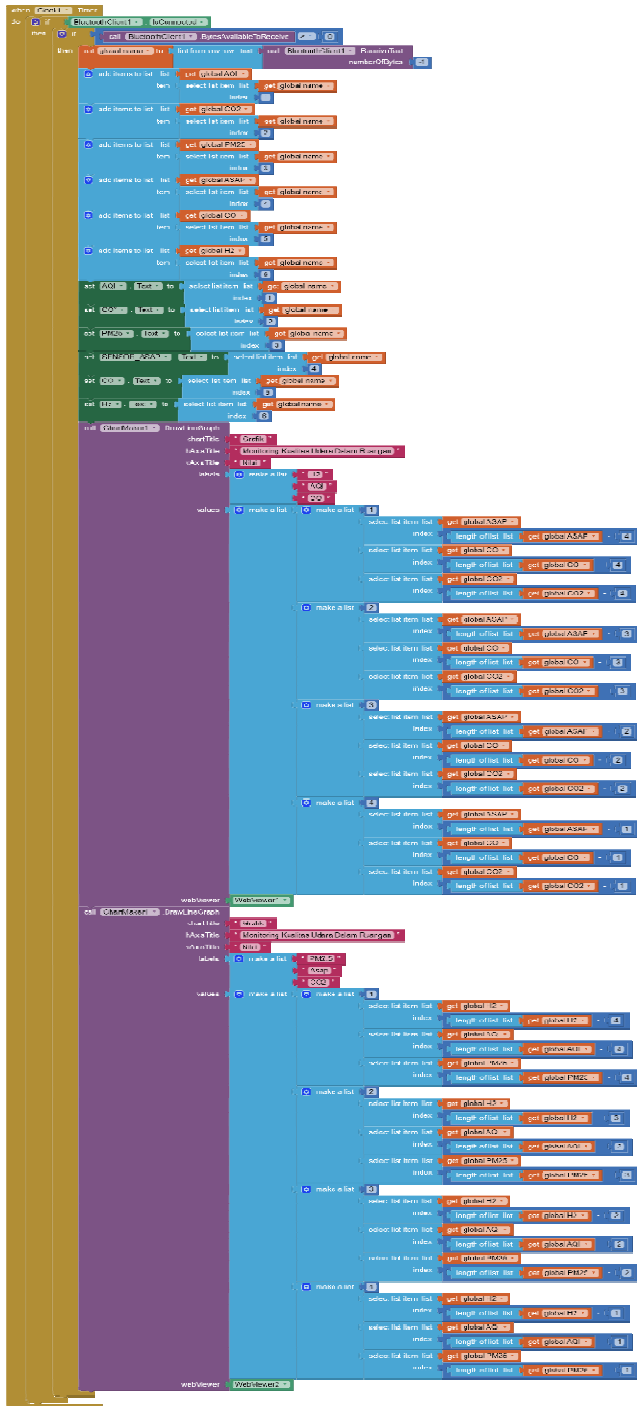
		Skor					
		STB	TB	CB	B	SB	
1.	menyusahkan		1	2	4	3	menyenangkan
2.	tak dapat dipahami			6	3	1	dapat dipahami
3.	monoton			5	4	1	kreatif
4.	sulit dipelajari			4	5	1	mudah dipelajari
5.	Kurang bermanfaat		1	1	4	4	bermanfaat
6.	membosankan		2	2	5	1	mengasyikkan
7.	tidak menarik		1	2	7		menarik
8.	lambat		1	2	5	2	cepat
9.	buruk				9	1	baik
10.	rumit			5	5		sederhana
11.	tidak disukai			4	6		disukai
12.	tidak nyaman			3	5	2	nyaman
13.	tidak aman			2	5	3	aman
14.	tidak memotivasi				9	1	memotivasi
15.	tidak efisien				9	1	efisien
16.	membingungkan			2	6	2	jelas
17.	tidak praktis			1	7	2	praktis
18.	Tidak ramah pengguna			4	3	3	ramah pengguna
	Jumlah	0	6	45	101	28	
	Jumlah Skor	0	12	135	404	140	
	Σ Skor						
	Presentase						

TABEL VIII
PRESENTASE SKALA LIKERT

No	presentase	Kelayakan
1	0% – 20%	Sangat Tidak Layak
2	21% – 40%	Tidak Layak
3	41% - 60%	Cukup Layak
4	61% - 80%	Layak
5	81% - 100%	Sangat Layak



Gambar 17. Hasil Keluaran Sensor








Gambar 16. Tampilan Blocks Grafik

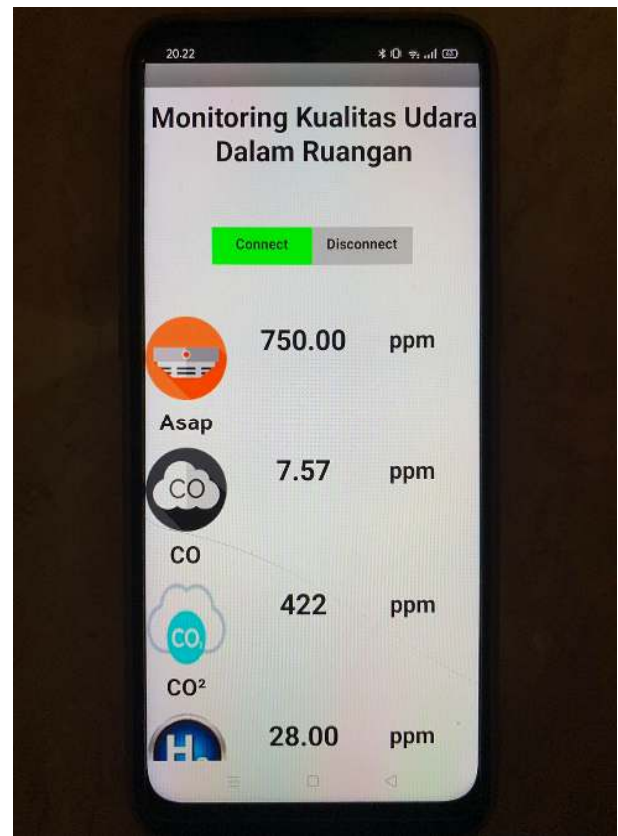
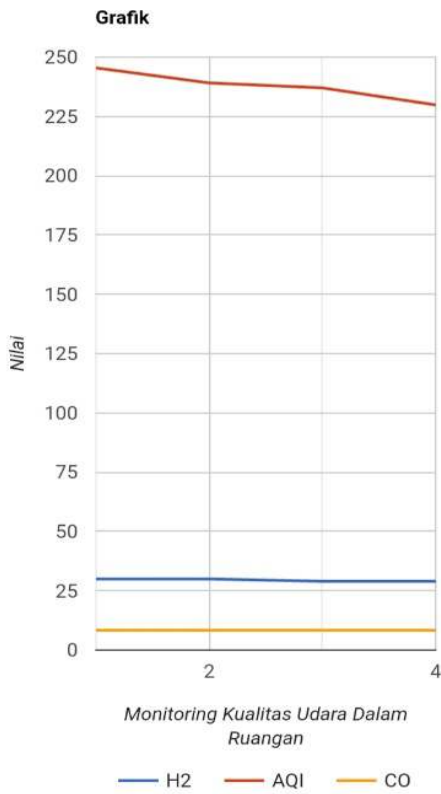


Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan

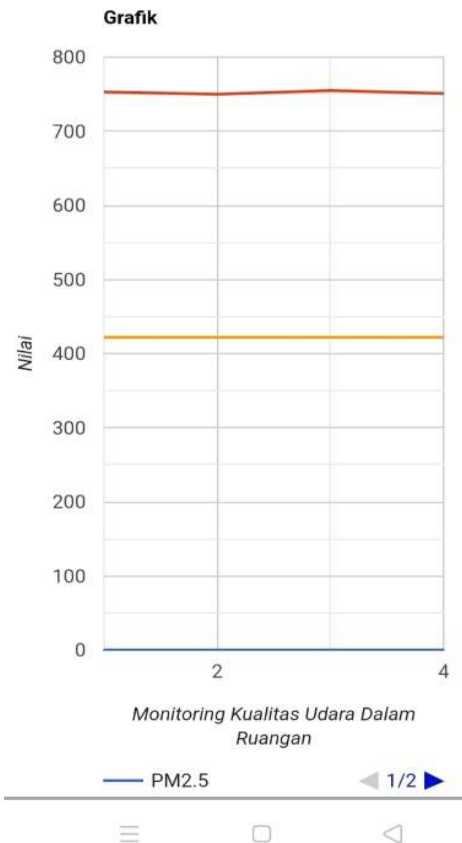


- 
755.00 ppm
- 
8.36 ppm
- 
422 ppm
- 
29.00 ppm
- 
238.09 ppm
- 
0.01 mg/m³

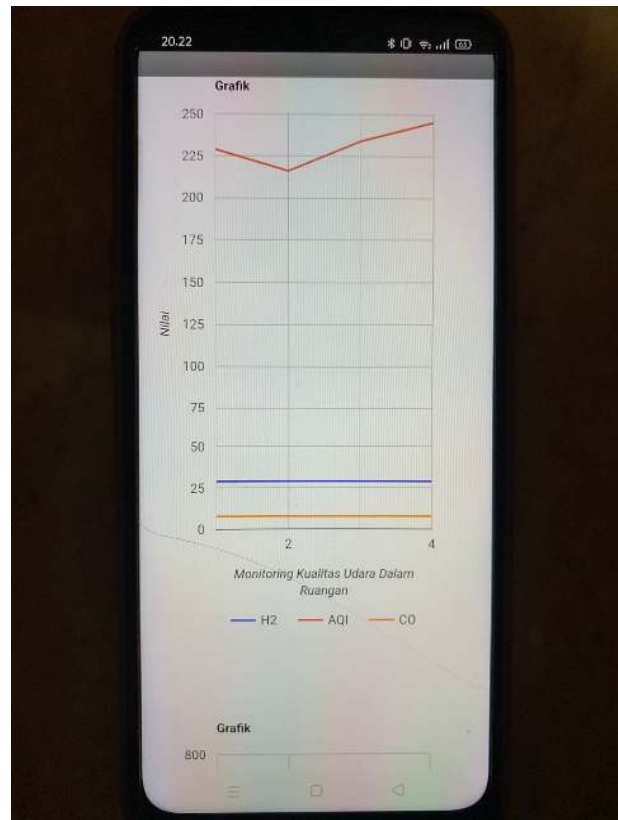
Gambar 18. Tampilan Aplikasi Android



Gambar 20. Tampilan Sistem Monitoring Kualitas Udara



Gambar 19. Tampilan grafik



Gambar 21. Tampilan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Bentuk Grafik

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks				
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Alat_Pembanding - Monitoring_Kualitas_Udara	Negative Ranks	4 ^a	3.00	12.00
	Positive Ranks	3 ^b	5.33	16.00
	Ties	4 ^c		
	Total	11		

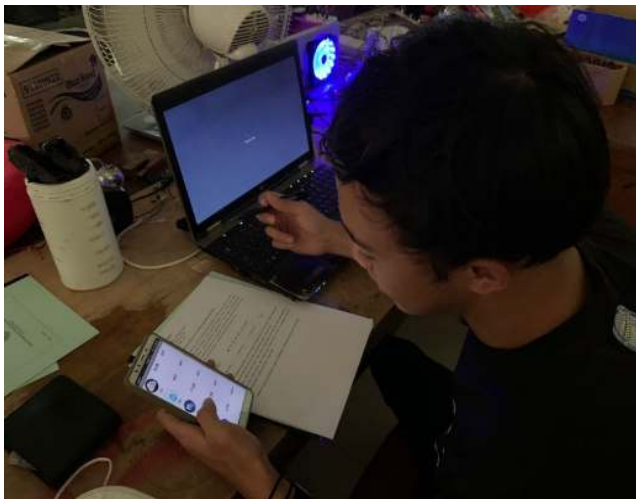
a. Alat_Pembanding < Monitoring_Kualitas_Udara
 b. Alat_Pembanding > Monitoring_Kualitas_Udara
 c. Alat_Pembanding = Monitoring_Kualitas_Udara

Test Statistics^a

Alat_Pembanding - Monitoring_Kualitas_Udara ^a	
Z	-.351 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.726

- a. Wilcoxon Signed Ranks Test
- b. Based on negative ranks.

Gambar 22. Wilcoxon Signed Ranks Test and Test Statistics



Gambar 23. Uji Coba Pengguna

E. Pengujian Sistem

Pada tahap ini menampilkan tampilan utama dari sistem monitoring berupa angka dan grafik yang sementara menerima data dari alat yang kemudian dikirim melalui modul *Bluetooth* dan berhasil ditampilkan dalam bentuk aplikasi *android*. Tampilan aplikasi yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 20 dan gambar 21. Pada gambar 20 menunjukkan tampilan monitoring kualitas udara yang sementara menerima data dan pada gambar 21 menunjukkan tampilan grafik.

F. Pengujian Perbandingan Hasil Bacaan Sensor Menggunakan Alat Pembanding (Haz Dust EPAM-5000)

Sensor debu secara fisik memiliki lubang pada sensor sebagai proses pemindaian debu yang melewati lubang tersebut. Dan sebagai hasil pengujian pemindaian debu, sensor harus dapat mengeluarkan *output* ADC yang akan diteruskan untuk dilakukan diproses selanjutnya.

Pengujian perbandingan antara sensor dust PM2.5 dan alat ukur *Haz Dust* EPAM 5000 bertujuan untuk membandingkan analisa sensor yang digunakan.

G. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian alat serta pengambilan data selama beberapa waktu antara Alat Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan dengan Alat Pembanding, *Haz Dust* EPAM-5000, maka didapatkan hasil sebagai berikut. (lihat tabel IV)

H. Pengujian Data

Pada uji *Shapiro-wilk* apabila nilai signifikansi >0,05, maka data penelitian berdistribusi normal, namun jika signifikansi <0,05, maka data penelitian tidak berdistribusi normal dan akan dilakukan pengujian alternatif yaitu uji *Wilcoxon*.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui nilai signifikansi dari kelompok monitoring kualitas udara <0,006 dan kelompok alat pembanding <0,000, maka dapat disimpulkan bahwa nilai signifikansi kelompok monitoring kualitas udara dan alat pembanding <0,05, sehingga berdasarkan uji normalitas *shapiro-wilk* data berdistribusi tidak normal, maka akan dilakukan pengujian selanjutnya menggunakan uji *Wilcoxon*. (lihat tabel V)

Statistik non-parametrik juga biasa dikenal dengan “*distribution free-statistics*”, yang digunakan untuk menjelaskan beberapa atribut populasi, menguji perbedaan antar atribut antar populasi yang tidak memerlukan asumsi mengenai bentuk atau sebaran populasi data dan juga rentang pengukuran. Sedangkan parametrik yaitu asumsi tentang parameter dari distribusi data populasi yang digunakan untuk menguji hipotesis mendekati normal atau mendekati distribusi normal setelah teorema *limit* sentral.

Uji *wilcoxon signed test* merupakan uji nonparametris yang digunakan untuk mengukur perbedaan 2 kelompok data berpasangan berskala *ordinal* atau *interval* tetapi data berdistribusi tidak normal. Uji ini juga dikenal dengan nama uji *match pair test*. Hipotesis pada pengujiannya adalah:

H₀ : Tidak terdapat perbedaan rata-rata antara nilai monitoring kualitas udara dan alat pembanding.

H₁ : Terdapat perbedaan rata-rata antara nilai monitoring kualitas udara dan alat pembanding

Berdasarkan hasil tes dari uji *Wilcoxon* terlihat bahwa 4 data negatif, 3 data bernilai positif dan 4 data bernilai sama. Dalam uji ini, yang dipakai jumlah yang paling kecil, karena kasus ini diambil beda negatif, yaitu 12. Dari angka ini dapat diuji *Wilcoxon* (T) adalah 12. Kemudian pada *test statistics* di ketahui Asymp. Sig. (2-tailed) untuk diuji 2 sisi bernilai 0,726. Karena kasus ini uji 2 sisi, maka probabilitas menjadi 0,726/2 = 0,363. Artinya didapat probabilitas >0,05, maka dapat disimpulkan bahwa H₀ diterima karena tidak ada perbedaan

nilai rata-rata antara monitoring kualitas udara dan alat pembanding. (lihat gambar 22)

I. Implementasi Aplikasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Dengan Pengguna Aplikasi

Pada tahap ini penguji melakukan percobaan sistem dengan beberapa mahasiswa untuk melakukan tes apakah sistem sudah berjalan baik atau belum, dan untuk mengetahui apakah sistem dapat dipahami oleh pengguna maka dilakukan proses pengambilan data melalui *form* kuesioner pengguna. (lihat gambar 23)

J. Beta Testing

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian di kawasan Lab. Kendali, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi. Target dari pengujian ini adalah beberapa mahasiswa dengan cara pengisian kuisisioner tentang kepuasan pengguna dalam penggunaan aplikasi sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan. Pengujian ini dilakukan terhadap 10 responden dengan memberikan 18 pertanyaan.

K. Analisis Data Kuesioner

Analisis data yang digunakan merupakan analisis data deskriptif dengan menggunakan skala likert.

Dalam skala likert jawaban setiap instrumen yang menggunakan skala likert mempunyai gradasi dari yang positif sampai negatif. Nilai 1 merupakan nilai terkecil sedangkan nilai 5 merupakan nilai terbesar. (lihat tabel VI)

Jumlah skor observasi adalah jumlah dari skor masing-masing butir pernyataan hasil observasi yang dikalikan bobot skor menurut skala Likert. Skor maksimal adalah skor maksimal pada skala likert yang dikalikan dengan jumlah butir soal, sehingga $5 \times 18 = 90$. Jumlah Skor yang diharapkan adalah skor maksimal yang dikalikan dengan jumlah responden, sehingga $90 \times 10 = 900$. Dapat dilihat pada tabel VII hasil presentase kuesioner. Perhitungan presentase kelayakan dari data pengguna yang menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sum \text{skor observasi} = (\text{jumlah} \times \text{skor SS}) + (\text{jumlah} \times \text{skor S}) + (\text{jumlah} \times \text{skor CS}) + (\text{jumlah} \times \text{skor TS}) + (\text{jumlah} \times \text{skor STS}) \quad (1)$$

$$\sum \text{skor} = (28 \times 5) + (101 \times 4) + (45 \times 3) + (6 \times 2) + (0 \times 1)$$
$$\sum \text{skor} = 691$$

$$\text{Presentase kelayakan} = \frac{\sum \text{skor observasi}}{\sum \text{skor yang diharapkan}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Presentase kelayakan} = \frac{691}{900} \times 100\%$$

$$\text{Presentase kelayakan} = 76.78 \%$$

Setelah mendapatkan hasil perhitungan, nilai yang didapat kemudian dikonversi menjadi nilai kualitatif dalam tabel presentase penilaian[10]. Sebelum mengetahui tabel presentase penilaian terlebih dahulu dicari *interval* jarak penilaian skala Likert dengan rumus : $\text{Interval} = 100 / \text{jumlah skor (Likert)} = 100 / 5 = 20$. Dari perhitungan *interval* tersebut

dapat diketahui hasil dari *interval* jarak untuk tabel presentase penilaian adalah 20. (lihat tabel VIII)

Total skor kelayakan dari data pengguna sejumlah 691 (76,78%) dari skor yang diharapkan yaitu 900 (100%). Berdasarkan kriteria pada tabel kelayakan, total skor tersebut termasuk dalam kategori Layak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari tugas akhir ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Sistem yang dibuat dapat memantau kualitas udara berupa *air quality index*, partikel air di udara PM2.5, CO², asap, gas CO, dan H₂, dengan adanya sistem ini, dapat mempermudah melakukan monitoring kualitas udara dalam ruangan dan alat ini hanya bisa digunakan kurang lebih 10 meter karena media komunikasi yang digunakan yaitu *Bluetooth*.

B. Saran

Ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut penelitian ini yaitu, penggunaan alat pembanding yang terkalibrasi untuk menghasilkan pengukuran sensor yang lebih akurat serta penambahan sistem pemantauan berbasis IOS untuk meningkatkan mobilisasi.

V. KUTIPAN

- [1] *Who guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, vol. 35. 1998.
- [2] M. S. Novelan, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler dan Aplikasi Android," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 2, pp. 50–54, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i1.2758>.
- [3] N. Silitonga, Y. Telaumbanua, and H. G. Simanullang, "PENGEMBANGAN PERANGKAT IoT MONITORING KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER BERBASIS ANDROID," *METHOMIKA J. Manaj. Inform. dan Komputerisasi Akunt.*, vol. 5, no. 1, pp. 81–85, 2021, doi: 10.46880/jmika.vol5no1.pp81-85.
- [4] I. Fadli *et al.*, "Pembangunan Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Gas dalam Ruangan dengan Platform IoT dan Notifikasi via Android," vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [5] K. Pratama and E. B. Setiawan, "Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan Exponential Smoothing dan NodeMCU Berbasis Mobile Android," *J. Ultim. Comput.*, vol. 9, no. 2, pp. 58–66, 2018, doi: 10.31937/sk.v9i2.656.
- [6] N. Mahasiswa, "Pemrograman Mobile (Android)," 2015.
- [7] C. E. Receipt, "APP MIT App Inventor 2."
- [8] Syafnidawaty, "Metode Waterfall," *raharja.ac.id*, 2020. <https://raharja.ac.id/2020/04/04/metode->

waterfall/.

- [9] I. Standar and P. Udara, “INDEX KUALITAS UDARA,” no. 107, pp. 1–14, 1997.
- [10] D. M. Informatika, F. Teknik, U. N. Surabaya, T. Informatika, F. Teknik, and U. N. Surabaya, “RANCANG BANGUN REPOSITORY PUBLIKASI ILMIAH DOSEN BERBASIS WEB MENGGUNAKAN FRAMEWORK LARAVEL Dinni Ambriani Andi Iwan Nurhidayat Abstrak Pengertian framework menurut (Naista , 2017) adalah suatu struktur konseptual dasar yang digunakan untuk memecahkan a,” vol. 10, pp. 58–66, 2020.

TENTANG PENULIS

Gita Cristiani Ulaan. Lahir di Amurang pada tanggal 24 Desember 1999. penulis merupakan anak ke 2 dari 3



bersaudara, dari pasangan Welly Ulaan (ayah) dan Stella Rungkat (ibu). Penulis menempuh pendidikan pertama di sekolah Taman Kanak-kanak GMIM Buyungon pada tahun 2004 sampai 2005, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar GMIM Buyungon pada tahun 2006 sampai 2011, setelah itu masuk ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 2

Amurang pada tahun 2011 sampai dengan 2014, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Katolik Aquino Amurang tahun 2014 hingga lulus tahun 2017. Di tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan mengambil Program Studi S-1 Teknik Informatika di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan tergabung pada anggota Himpunan Mahasiswa Elektro.