

Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design

Arthur M. Rumagit, ST, MT.

Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Internet of Things

Grace C. Rumampuk, Vecky C. Poekoel, Arthur M. Rumagit

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia
chindyrumampuk@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, arthur_rumagit@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date]

Abstract — Air pollution is a problem that has yet to be resolved. Indoor air pollution is very influential for the life of living things, because it has a greater pollutant. One of the efforts to overcome air pollution is by measuring air quality to categorize air quality. So in this study, an indoor air quality monitoring system was designed, which can provide real time information, using the MQ135 Sensor to detect air quality, MG811 to detect CO₂, Dust sensor to detect PM2.5 particles, MQ2 sensor to detect smoke, MQ9 sensor detects CO, Sensor MQ8 detects H₂, and uses ESP32 as a microcontroller. The sensor reading results in real time are then sent via the wifi module into the IoT OVoRD (Online Value of Real Time Data) platform and displayed in an easy-to-read web form. This system has the potential to be used as an indoor air quality monitoring system to raise awareness about the importance of healthy air quality.

Keywords — Monitoring Systems; Sensors; IoT Platform; Air Quality

Abstrak — Polusi udara merupakan permasalahan yang sampai sekarang masih belum bisa terselesaikan. Pencemaran udara dalam ruangan sangat berpengaruh bagi kehidupan makhluk hidup, karena memiliki polutan yang lebih besar. Salah satu upaya penanggulangan pencemaran udara adalah dengan cara mengukur kualitas udara untuk mengkategorikan kualitas udara. Untuk memonitoring kualitas udara dalam ruangan sangatlah tidak efektif jika dilakukan secara manual maka dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan, yang dapat memberikan informasi secara *real time*, menggunakan Sensor MQ135 untuk mendeteksi kualitas udara, MG811 untuk mendeteksi CO₂, Sensor dust untuk mendeteksi partikel PM2.5, Sensor MQ2 mendeteksi asap, Sensor MQ9 mendeteksi CO, Sensor MQ8 mendeteksi H₂, dan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. Hasil bacaan sensor secara *real time* kemudian di kirim melalui modul *wifi* ke dalam platform *Internet of Things* OVoRD (Online Value of Real Time Data) dan ditampilkan dalam bentuk web yang mudah dibaca. Sistem ini berpotensi untuk digunakan sebagai sistem pemantauan kualitas udara di dalam ruangan untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya kualitas udara yang sehat.

Kata kunci — Sistem Monitoring; Sensor; Platform IoT; Kualitas Udara

I. PENDAHULUAN

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA), 40% dari waktu kita sehari, kita berada di dalam ruangan dalam

rumah, kantor, kendaraan, supermarket, sekolah dan tempat umum lainnya. Penelitian membuktikan bahwa kualitas udara dalam ruangan tidak sepenuhnya terlepas dari kontaminasi bakteri, virus, debu dan lainnya. [1]

Dampak dari adanya pencemar udara dalam ruangan terhadap kesehatan dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor penyebab buruknya kualitas udara dalam ruangan berupa polutan kimia, polutan fisik dan polutan biologis yang dapat berpengaruh bagi kesehatan tubuh. Di negara maju diperkirakan angka kematian pertahun karena pencemaran udara dalam ruangan sebesar 67% di pedesaan dan sebesar 23% di perkotaan, sedangkan di negara berkembang angka kematian terkait dengan pencemaran udara dalam ruangan daerah perkotaan sebesar 9% dan di daerah pedesaan sebesar 1% dari total kematian. [2]

Selain itu, kualitas udara juga dipengaruhi oleh kegiatan dalam ruangan 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 ruangan, penggunaan pestisida, penggunaan bahan kimia pembersih, dan kosmetika. Bahan-bahan kimia tersebut dapat mengeluarkan polutan yang dapat bertahan dalam ruangan untuk jangka waktu yang cukup lama. Walaupun pada saat tertentu manusia dapat menggunakan indera untuk memperkirakan jika udara di lingkungan sekitarnya berada pada level normal dan tidak tercemar ataupun sebaliknya, namun untuk melakukan pemantauan secara terus menerus, manusia dibatasi oleh ruang dan waktu Untuk melakukan pemantauan secara *real-time* dan mendapatkan data mengenai kualitas udara dapat dilakukan dengan membangun suatu perangkat keras yang terhubung dengan sistem pemantauan kualitas udara.

A. Penelitian Terkait

- 1) Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT oleh Jacqueline Waworundeng dan Oktoverano Lengkong. Program Studi Teknik Informatika, Universitas Klabat, Airmadidi (2018). Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara. [3]
- 2) Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things* oleh Toni Nur Hakim dan Moh. Farid Susanto.

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung (2020). Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara. [4]

- 3) Pemantauan Kualitas Udara Polutan Gas CO dan CO₂ Berbasis IoT oleh Hardian Setya Dharma Putra, Resmana Lim dan Iwan Handoyo Putro. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya (2019). Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara. [5]
- 4) Pembangunan Sistem *Monitoring* Kualitas Udara dan Gas dalam Ruang dengan *Platform* IoT dan Notifikasi via *Andorid* oleh Imam Fadli dan Ery Safrianti. Teknik Elektro, Universitas Riau, Riau (2020). Penelitian ini membahas perancangan monitoring kualitas udara. [6]

B. Internet of Things

Internet of Things adalah teknologi baru yang memungkinkan interaksi perangkat komputasi yang dapat diidentifikasi secara unik yang dapat disematkan dengan antarmuka lain seperti mesin dan manusia, dihubungkan melalui jaringan kabel dan nirkabel, untuk menangkap data kontekstual dari lingkungan yang telah ditandai dan membuat informasi. IoT juga merupakan jaringan yang menyediakan fungsionalitas baru dan model bisnis digital.

C. Sensor dan Perangkat Pendukung

Sensor adalah bagian dari sistem perangkat input ke mikrokontroler dan mengubah sinyal kemudian memberikan output yang dapat dipahami. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian saat melakukan suatu aktivitas seperti pengukuran dan pengendalian. Pada perancangan sistem ini ada beberapa sensor yang digunakan :



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

D. Ovord

Platform ovord adalah suatu sistem yang menangani masalah manajemen perangkat IoT hingga memvisualisasikan suatu kumpulan data. [7]

E. 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.. [8]

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. (lihat tabel I)

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)

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

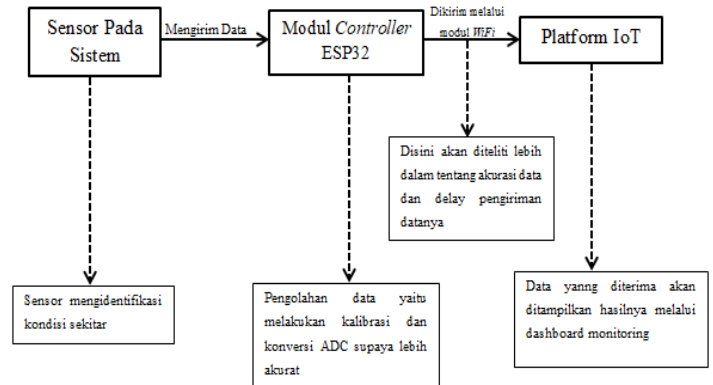
		estetika.
Sedang	51 – 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia maupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101 - 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa 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

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>Carbondio ksida</i>	ppm	1000	8 jam

	(CO ₂)			
5.	Timbal (Pb)	µg/m ³	1,5	15 menit
6.	Asbes	Serat/m 1	5	Panjang serat 5µ
7.	Formaldehid (HCHO)	ppm	0,1	30 menit
8.	Volatile Organic Compound (VOC)	ppm	3	8 jam
9.	Enviroment Tobacco Smoke (ETS)	µg/m ³	35	24 jam

di terima di tampilkan ke dalam halaman *platform* sehingga data dapat di lihat oleh pengguna. Pengiriman hasil dari pembacaan sensor dalam mikrokontroler dikirim kedalam *platform* OVoRD melalui modul *WiFi*. *Platform* yang akan dibuat nantinya berisi data *real* dari sensor, yang nanti nilainya akan ditampilkan dalam angka yang mudah dipahami. (lihat gambar 9)



Gambar 8. Bagan sistem monitoring kualitas udara

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

These breakpoints—							Equal these PsIs	Category
O ₃ (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	(?)	0-50	Good.
0.070-0.084	-	55-154	15.5-65.4	4.5-9.4	0.035-0.144	(?)	51-100	Moderate.
0.085-0.104	0.125-0.164	155-254	65.5-100.4 ¹	9.5-12.4	0.145-0.224	(?)	101-150	Unhealthy for sensitive groups.
0.105-0.124	0.165-0.204	255-354	100.5 ¹ -150.4 ¹	12.5-15.4	0.225-0.304	(?)	151-200	Unhealthy.
0.125-0.374	0.205-0.404	355-424	150.5 ¹ -250.4 ¹	15.5-30.4	0.305-0.604	0.65-1.24	201-300	Very unhealthy.
(0.155-0.404) ⁴	0.405-0.504	425-504	250.5 ¹ -350.4 ¹	30.5-40.4	0.605-0.804	1.25-1.64	301-400	Hazardous.
(?)	0.505-0.604	505-604	350.5 ¹ -500.4 ¹	40.5-50.4	0.805-1.004	1.65-2.04	401-500	

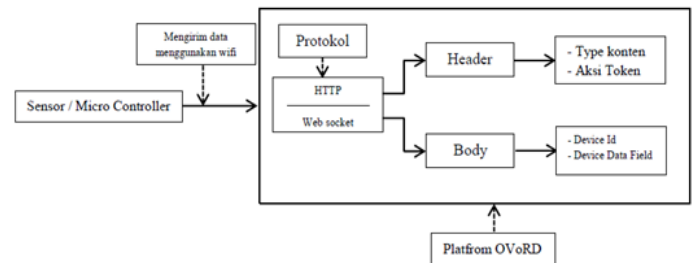
II. METODE

A. Konsep Perancangan Alat

Dalam penelitian pembuatan aplikasi 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. (lihat gambar 8)

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 data dari sensor, kemudian data di kirim ke *server/platform* IoT melalui modul *WiFi* ESP32 untuk diolah. Kemudian data yang



Gambar 9. Diagram blok pengiriman data pada platform ovord

B. Desain Perancangan Website

Berikut ini adalah gambaran design dari dashboard *User Interface (UI) Experience* perancangan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT, yang akan menggunakan *platform* IoT OVoRD. Desain perancangan *website* yang dibuat, dimana untuk menampilkan grafik suatu sistem. Dibagian *tools* yang ada pada *website* menampilkan grafik kualitas udara, CO₂, partikel air PM2.5, asap, gas CO dan H₂ secara real time.



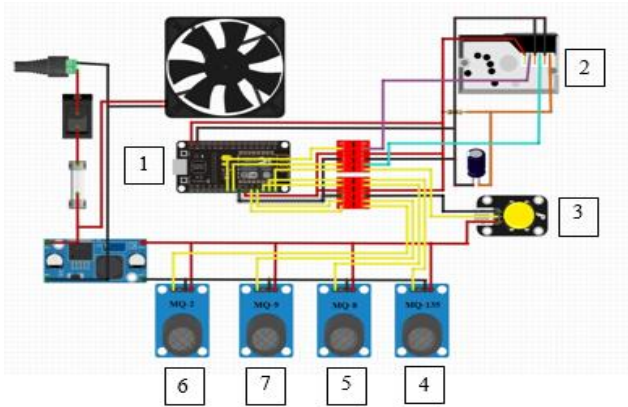
Gambar 10. Contoh rancangan dashboard web

C. 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 WiFi 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.

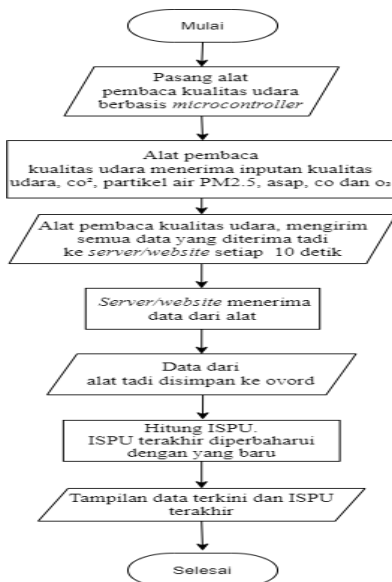


Gambar 11. Desain dan rangkaian komponen

D. Flowchart Perancangan Sistem

Sistem ini menggunakan alat berbasis *microcontroller* yang telah dilengkapi sensor MQ135, MQ2, MQ8, MQ9, MG811 dan sensor partikel air PM2.5. Alat ini akan dipasang di titik tertentu dan akan menerima data dari sensor serta mengirimkan data tersebut setiap 10 detik ke *server/platform*.

Data yang dikirimkan ke *server* akan disimpan dalam *OVORD* dan akan diolah hasil perhitungannya kemudian ditampilkan ke dalam bentuk tampilan angka yang mudah dipahami.

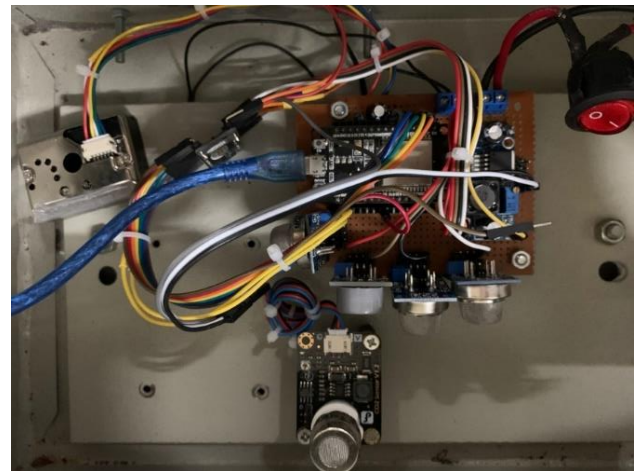


Gambar 12. Flowchart sistem

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 IoT dan mengirim via *WiFi*., 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.



Gambar 13. Implementasi perangkat keras

B. Implementasi Perangkat Lunak

Sistem monitoring kualitas udara ini menggunakan perangkat lunak berupa, Microsoft Windows 10x64 sebagai sistem operasi dan Arduino IDE sebagai implementasi pemrograman.

Sistem monitoring kualitas udara ini juga menggunakan perangkat keras microcontroller ESP32 sebagai pusat dari proses data dari setiap data yang diterima melalui port input tiap-tiap sensor. Data dari sensor kemudian diolah sesuai range pengukuran dari datasheet tiap-tiap sensor atau disebut dengan proses kalibrasi.

Pada sistem monitoring kualitas udara, sistem pengirim data secara *WiFi* menggunakan ESP32 Devkit yang memerlukan pemasangan firmware ESP32 pada Arduino IDE. (lihat gambar 14)

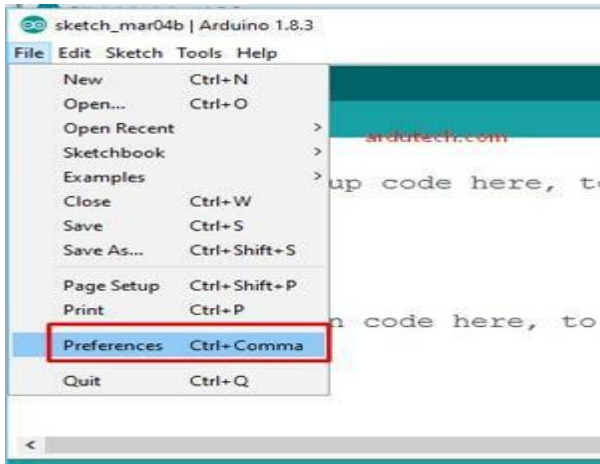
Modul ESP32 biasanya sudah terisi firmware default yang mendukung set intruksi *AT Command*. Ada banyak cara untuk memprogram ESP32, beberapa diantaranya adalah, ESP-IDF (*IoT Development Framework*), Menggunakan Arduino – ESP32, *MicroPython* dan *Mongoose OS*.

Adapun tampilan jendela *Preferences* pada Arduino IDE untuk menginstal *board* ESP32 pada Arduino IDE, dalam hal ini sistem monitoring kualitas udara menggunakan sistem pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE. (lihat gambar 15)

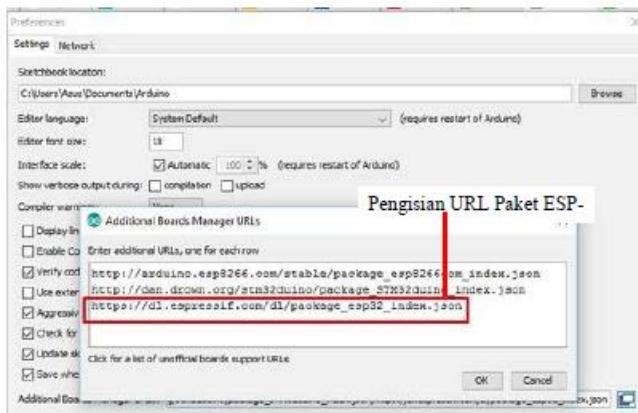
Proses memasukkan *package* ESP32 dilakukan pada kolom “*Additional Boards Manager URLs:*” diisikan dengan: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json. Jika sebelumnya sudah ada link lain seperti *esp8266*, maka perlu memisahkan link URL ESP32 di bagian bawah atau dapat juga memisahkan dengan tanda koma. (lihat gambar 15)

Setelah mengisi *link URL* untuk paket ESP32, kemudian memastikan adanya koneksi internet pada pc/laptop yang digunakan untuk proses instalasi ESP32. Kemudian pada menu *Tools > Board > Board Manager...*, mencari ESP32 pada kolom pencarian kemudian klik “*Install*” untuk proses instalasi ESP32. (lihat gambar 16)

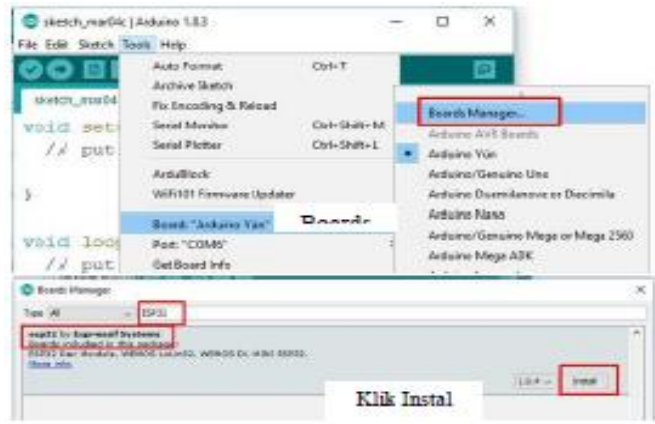
Setelah proses instalasi ESP32, maka dilakukan proses instalasi pada driver *USB* yang digunakan ESP32 dengan Arduino IDE yang akan dipakai untuk membuat program sekaligus mengupload ke ESP32.



Gambar 14. Tampilan jendela preferences pada Arduino IDE



Gambar 15. Proses memasukkan package ESP32



Gambar 16. Instalasi ESP32

C. Pengujian Perbandingan Hasil Bacaan Sensor Menggunakan Alat Ukur 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.

D. Hasil Pengujian Alat

Berikut adalah hasil pengujian sensor dan alat pembanding:

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN ALAT

Waktu	Alat TA	Pembanding
16.11	0.02	0.03
16.12	0.02	0.03
16.13	0.03	0.03
16.14	0.02	0.03
16.15	0.03	0.02
16.16	0.03	0.03
16.17	0.02	0.03
16.18	0.02	0.02
16.19	0.02	0.04
16.20	0.02	0.03
16.21	0.03	0.02

E. Pengujian Normalisasi Data Menggunakan SPSS

Pada uji shapiro-wilk, data yang berdistribusi normal adalah data yang nilai lebih besar dari 0.05 pada taraf signifikansi 5%. Untuk lebih jelasnya, hasil penghitungan uji normalitas dengan menggunakan uji shapiro-wilk dengan memakai

aplikasi SPSS terhadap data alat dan pembanding. (lihat gambar 17)

Dari tabel hasil penghitungan uji normalitas diatas yang menggunakan uji shapiro-wilk, dapat diketahui bahwa kelompok Hasil memperoleh nilai signifikansi <0.001 dan kelompok Alat memperoleh nilai 0.004. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai signifikansi kelompok Hasil dan kelompok Alat <0.05, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil kelompok Hasil dan kelompok Alat berdistribusi tidak normal, maka akan dilakukan pengujian selanjutnya menggunakan Uji Wilcoxon. (lihat gambar 18)

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 untuk kasus ini :

H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata antara nilai alat dengan pembanding artinya tidak ada pengaruh pada data sebelum dan sesudah.

H_1 : Ada perbedaan rata-rata antara nilai alat dan pembanding yang artinya ada pengaruh pada data sebelum dan sesudah.

Dari output terlihat bahwa dari 11 data, ada 2 data yang mempunyai beda negative, 6 data bernilai positif dan 3 data bernilai sama. Dalam uji Wilcoxon, yang dipakai adalah jumlah beda-beda yang paling kecil, karena khusus ini diambil beda negative, yaitu 8. Dari angka ini dapat diuji Wilcoxon (T) adalah 8.

Terlihat pada kolom asymp sig (2-tailed) untuk diuji 2 sisi adalah 0.132. Karena kasus adalah uji satu sisi, maka probabilitas menjadi $0.132/2 = 0.066$. Disini didapat probabilitas diatas 0.05, maka H_0 diterima karena tidak ada perbedaan rata-rata antara nilai alat dengan pembanding artinya tidak ada pengaruh pada data sebelum dan sesudah. (lihat gambar 19)

	ALAT	PEMBANDING
1	.02	.03
2	.02	.03
3	.03	.03
4	.02	.03
5	.03	.02
6	.03	.03
7	.02	.03
8	.02	.02
9	.02	.04
10	.02	.03
11	.03	.02

Gambar 17. Data view

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
HASIL	.401	11	<.001	.625	11	<.001
ALAT	.346	11	<.001	.774	11	.004

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 18. Test of normality menggunakan Shapiro-Wilk

Wilcoxon Signed Ranks Test

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ALAT - HASIL	Negative Ranks	2 ^a	4.00	8.00
	Positive Ranks	6 ^b	4.67	28.00
	Ties	3 ^c		
	Total	11		

a. ALAT < HASIL
b. ALAT > HASIL
c. ALAT = HASIL

ALAT - HASIL	
Z	-1.508 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.132

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

Gambar 19. Wilcoxon signed ranks test

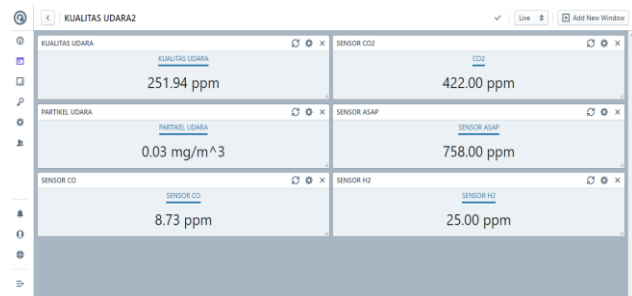
F. Tampilan Platform OVoRD

Platform IoT adalah landasan untuk perangkat elektronik dan sensor terhubung secara terstruktur. Platform juga menyediakan fasilitas komputasi dan penyimpanan. Dengan adanya sistem *management* pada platform, pengguna bisa dengan mudah melihat serta mengolah data yang disimpan.

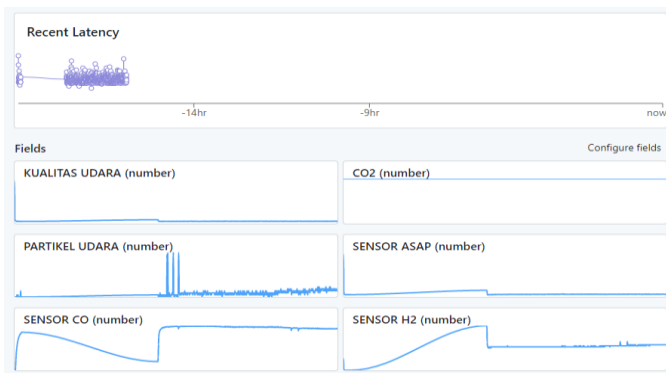
Pada tampilan OVoRD menampilkan output Kualitas Udara (ppm), CO2 (ppm), Partikel Udara (mg/m³), Sensor Asap (ppm), Sensor CO (ppm) dan Sensor H₂ (ppm) secara *real time*. (lihat gambar 20)

Pada platform OVoRD juga menampilkan tampilan *fields* berupa grafik setiap sensor dimana data yang diterima dan diolah secara *real time*. (lihat gambar 21)

Platform OVoRD juga dapat menampilkan timestamp atau *database* yang digunakan untuk menyimpan data yang diterima. Data pada *timestamp* tersimpan secara *real time* dan data yang tersimpan selama beberapa bulan, minggu, beberapa hari ataupun sekarang dapat dilihat. (lihat gambar 22)



Gambar 20. Tampilan dashboard OVoRD



Gambar 21. Tampilan fields OVoRD

The screenshot shows a table titled 'Recent Incoming Data' with 702 entries. The table has columns for 'Timestamp', 'KUALITAS UDARA', 'CO2', 'PARTIKEL UDARA', 'SENSOR ASAP', 'SENSOR CO', and 'SENSOR H2'. The data is sorted by timestamp, showing entries from 'Yesterday at 4:33 PM' to 'Yesterday at 4:32 PM'.

Timestamp	KUALITAS UDARA	CO2	PARTIKEL UDARA	SENSOR ASAP	SENSOR CO	SENSOR H2
Yesterday at 4:33 PM	251.94	422	0.03	752	8.78	25
Yesterday at 4:33 PM	246.54	422	0.03	754	8.75	25
Yesterday at 4:33 PM	250.85	422	0.04	761	8.75	25
Yesterday at 4:33 PM	239.14	422	0.04	758	8.7	25
Yesterday at 4:33 PM	238.09	422	0.04	753	8.76	25
Yesterday at 4:32 PM	254.12	422	0.03	755	8.73	25
Yesterday at 4:32 PM	251.94	422	0.03	756	8.71	25
Yesterday at 4:32 PM	249.77	422	0.03	755	8.73	25
Yesterday at 4:32 PM	254.12	422	0.04	757	8.72	25
Yesterday at 4:32 PM	254.12	422	0.03	759	8.7	25
Yesterday at 4:32 PM	251.94	422	0.04	757	8.71	25

Gambar 22. Timestamp OVoRD

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari tugas akhir ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Rancangan Sistem monitoring udara berbasis IoT berhasil melakukan pengiriman data kualitas udara ke Platform OVoRD dan data yang terkirim ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik dalam platform OVoRD.

B. Saran

Ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut penelitian ini yaitu, penggunaan modul GSM Shield seperti SIM900 sebagai pengganti modem dan ESP32 yang dapat diintegrasikan bersama sistem mikrokontroler dan sensor yang digunakan, dapat dilakukan pengembangan dalam penggunaan teknik, algoritma, maupun perangkat keras yang lebih akurat dan dapat bertahan lama dan untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan peningkatan sistem kerja pada Sensor Dust PM2.5, sehingga nilai yang dibaca lebih akurat dengan mengkombinasikan komponen-komponen lain agar sistem kerjanya akan lebih baik lagi.

V. KUTIPAN

[1] Centers for Disease Control and Prevention and U.S. Department of Housing and Urban Development, "Chapter 2: Basic Principles of Healthy Housing," *Heal. Hous. Ref. Man.*, pp. 1–10, 2006, [Online].

Available:

www.cdc.gov/healthyhomes/publications.html.

- [2] M. Kesehatan and R. Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077/Menkes/PER/2011," 2011.
- [3] J. M. S. Waworundeng and O. Lengkon, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT," *CogITO Smart J.*, vol. 4, no. 1, p. 94, 2018, doi: 10.31154/cogito.v4i1.105.94-103.
- [4] R. Firdaus, M. A. Murti, and I. Alinursafa, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan LPWAN LoRa," no. 1, pp. 2–9, 2020.
- [5] H. Setya *et al.*, "Balancing Robot Roda Dua dengan Metode Rule base Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Balanc. Robot Roda Dua dengan Metod. Rule base Berbas. Mikrokontroler Arduino*, vol. 11, no. 1, pp. 7–11, 2018, doi: 10.9744/jte.11.1.7-11.
- [6] I. Fadli *et al.*, "Pembangunan Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Gas dalam Ruang dengan Platform IoT dan Notifikasi via Android," vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [7] I. E. P. Pundoko *et al.*, "Rancang Bangun Platform, IoT OVoRD untuk Aplikasi Sistem Kendali," pp. 1–12, 2021.
- [8] I. Standar and P. Udara, "INDEX KUALITAS UDARA," no. 107, pp. 1–14, 1997.
- [9] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [10] F. Y. Q. Ontowirjo *et al.*, "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Ruang Pengereng Berbasis Web," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 331–338, 2018, doi: 10.35793/jtek.7.3.2018.23638.

TENTANG PENULIS

Grace Chindy Rumampuk (M'76–SM'81–F'87) penulis adalah anak pertama dalam keluarga Rumampuk Makanoneng. Penulis lahir di Bitung pada tanggal 22 September 1999. Penulis menempuh pendidikan pertama di sekolah Taman Kanak-kanak GMIM 22 Papusungan pada tahun 2004 sampai 2005, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar GMIM 28 Papusungan pada tahun 2006 sampai 2011, setelah itu masuk ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Bitung pada tahun 2011 sampai dengan 2014, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Bitung 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.

