

Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Produksi Kayu Laban Berbasis *Internet Of Things* Studi Kasus: Pengolahan Kayu Laban Untuk Furniture Di Desa Karangjambe

1st Lutfi Zulfian

Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia

lutfizulfian@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anggi Zafia, S.T., M.Eng

Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Tlkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia

anggiz@telkomuniversity.ac.id

3rd Aulia Desy Nur Utomo, S.Kom., M.Cs

Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia

auliau@telkomuniversity.ac.id

Abstrak--Studi ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem pengawasan kualitas udara pada proses produksi pengolahan kayu laban yang berbasis *Internet Of Things* (IoT) di Desa Karangjambe. Kualitas udara yang kurang baik di zona industri pengolahan kayu dapat memicu dampak kesehatan yang serius bagi para pekerja, termasuk gangguan pernapasan dan penyakit paru-paru. Oleh karena itu, diperlukan perangkat pemantau yang dapat memberikan informasi secara langsung tentang tingkat kualitas udara. Sistem ini memanfaatkan sensor MQ-135 untuk mendeteksi konsentrasi asap dan karbon dioksida (CO₂), sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas propane dan karbon monoksida (CO), serta sensor SHARP GP2Y1010AU0F untuk mendeteksi konsentrasi debu berukuran PM2.5 dan PM10, dan mikrokontroler ESP32 untuk memproses data dan mengirimkan informasi ke platform *Internet Of Things* (IoT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang dan dikembangkan mampu melakukan pengawasan kualitas udara secara efisien, serta memberikan pemberitahuan kepada pengguna saat terjadi peningkatan polutan. Dengan implementasi teknologi ini, diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas udara dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat. Sistem pemantauan kualitas udara ini juga berkontribusi terhadap pengembangan sistem berbasis *Internet Of Things* (IoT) yang dapat diadopsi di berbagai sektor industri lainnya.

Kata kunci: Kualitas Udara, *Internet Of Things*, Sensor MQ-135, Sensor MQ-2, Sensor Sharp GP2Y1010AU0F, Mikrokontroler ESP32, Kesehatan.

I PENDAHULUAN

Kualitas udara yang baik sangat penting untuk menjaga kesehatan manusia, terutama di lingkungan industri yang berisiko tinggi terhadap paparan polutan. Di industri pengolahan kayu, seperti yang terjadi di UD. Fahri di Desa Karangjambe, proses produksi seperti pemotongan dan penghalusan kayu menghasilkan polutan berupa partikel kayu (debu halus) serta gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Paparan jangka panjang terhadap polutan ini dapat mengakibatkan masalah kesehatan serius, termasuk iritasi saluran pernapasan, asma, dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Sayangnya, UD. Fahri belum memiliki sistem pemantauan kualitas udara yang efektif. Pengawasan saat ini dilakukan secara manual dan bergantung pada observasi subjektif dari pekerja, sehingga tidak ada data real-time yang tersedia untuk menilai kondisi udara selama proses produksi. Dengan kemajuan teknologi, *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk masalah ini. IoT memungkinkan pengumpulan dan pemantauan data secara otomatis, akurat, dan real-time. Dengan mengintegrasikan sensor gas dan debu dengan mikrokontroler ESP32, data kualitas udara dapat dikirim langsung ke platform IoT seperti Thingspeak atau Blynk. Data ini dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, disimpan sebagai riwayat, dan bahkan diproses untuk mengaktifkan alarm ketika tingkat polusi mencapai ambang batas tertentu [1].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang dapat mendeteksi berbagai jenis polutan (CO, CO₂, dan partikel debu PM2.5/PM10) secara real-time, memberikan notifikasi saat kondisi udara berbahaya, serta menyimpan data ke cloud untuk analisis lebih lanjut. Diharapkan sistem ini dapat mendukung perlindungan kesehatan pekerja dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas udara di lingkungan kerja industri pengolahan kayu. Dalam industri pengolahan kayu, pencemaran udara disebabkan oleh proses produksi

seperti pemotongan dan penghalusan kayu, yang menghasilkan partikel kayu dan senyawa organik volatile (VOCs) yang berbahaya. Paparan terhadap polutan ini dapat menyebabkan masalah kesehatan serius bagi pekerja, termasuk iritasi saluran pernapasan, asma, dan PPOK. Di UD. Fahri, terdapat beberapa masalah signifikan terkait pencemaran udara yang berdampak pada kesehatan pekerja dan kualitas lingkungan kerja. Pertama, belum ada alat yang memadai untuk mengidentifikasi dan memantau kualitas udara selama proses produksi pengolahan kayu. Kedua, penting untuk mengetahui tingkat pencemaran udara, termasuk partikel dan gas berbahaya yang tidak terlihat, yang dihasilkan selama pengolahan kayu. Ketiga, diperlukan perancangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang dapat mendeteksi polutan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan PM2.5 secara real-time. Dengan penerapan teknologi IoT, pemantauan kualitas udara secara real-time dapat dilakukan untuk mengidentifikasi area dengan konsentrasi polutan tinggi. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengevaluasi tindakan pengendalian kualitas udara yang tepat. Regulasi mengenai pencemaran udara diatur oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) [2].

I. KAJIAN TEORI

Sebelum melakukan penelitian tugas akhir ini, dilakukan studi literatur terlebih dahulu untuk memperkuat landasan penelitian. Berikut ini adalah beberapa penelitian-penelitian terdahulu atau yang sudah ada pada tahun sebelumnya untuk digunakan sebagai referensi dalam tugas akhir ini, sebagai berikut:

- a. Gita C. Ulaan, Vecky C. Poekoel, Abdul H. J. Ontowirjo (2024) - Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan.
Penelitian ini mengembangkan sistem yang efektif untuk memantau kualitas udara dalam ruangan. Sistem ini dapat mengukur berbagai parameter kualitas udara, termasuk indeks kualitas udara, partikel halus PM2.5, karbon dioksida (CO₂), dan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) serta asap. Data dari sensor dikirim secara real-time ke aplikasi Android melalui modul *Bluetooth*, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi udara secara langsung. Penelitian ini juga menyarankan penggunaan alat pembanding yang terkalibrasi untuk meningkatkan akurasi pengukuran sensor [3].
- b. Imran Iskandar, Watty Rimalia, Jeffry, dan Benny Leonard Enrico Panggabean (2024) - Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Ruangan Berbasis *Internet Of Things*.
Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring kualitas udara yang menggunakan sensor untuk mendeteksi asap, gas LPG, dan karbon monoksida (CO) dalam ruangan. Sistem ini dilengkapi dengan buzzer sebagai peringatan dan dapat memantau kondisi secara real-time melalui dashboard yang menampilkan status sensor dalam bentuk grafik dan alarm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-2 dapat mendeteksi kadar asap dan gas dengan akurasi yang baik [4].
- c. Muhammad Aditya Mursit (2024) - Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara pada Area Produksi Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Arduino Mega 2560.
Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah pencemaran udara yang dihasilkan dari proses produksi. Menggunakan beberapa sensor untuk mengukur kadar partikel debu PM10 dan gas polutan seperti CO dan CO₂, data yang dihasilkan akan dikirim ke platform Thingspeak untuk pemantauan *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu bekerja dengan akurasi yang baik, dengan persentase kesalahan untuk pengukuran karbon monoksida (CO) sebesar 1,25% dan ozon (O₃) sebesar 0,2% [5].
- d. Noviardi, Arif Budiman, Michael Franata (2024) - Perancangan Prototype Pemantauan Polusi Udara dalam Ruangan Berbasis IoT.
Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas udara dalam kondisi normal berada pada kategori "Sangat Baik", tetapi dapat menurun menjadi "Berbahaya" saat terpapar asap pembakaran. Data dari sensor dapat dikirim dan divisualisasikan melalui antarmuka perangkat lunak, memudahkan pemahaman pengguna. Penelitian ini memiliki potensi untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk penyesuaian sensitivitas sensor [6].
- e. Rifki Fajar Nugraha, Fitria Nurul Husna, Sandi, Amanda Fairuz Syahla, Aldi Saputra (2024) - *Smart Air Quality Guardian*: Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135.
Sistem Smart Air Quality Guardian yang dibangun mampu memonitor kualitas udara secara real-time dengan menggunakan sensor gas MQ-2 dan MQ-135. Sistem ini dapat mendeteksi polutan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan partikel PM2.5 secara simultan, serta menyediakan informasi yang lebih komprehensif mengenai kualitas udara kepada pengguna [7].
- f. Falisia Talitha Aprillia, Ahmad Taqwa, dan Ade Silvia Handayani (2021) - Perancangan Sistem Monitoring Kadar Kualitas Udara Menggunakan Particulate Matter 2.5 Berbasis Website.
Sistem monitoring kualitas udara berbasis web yang dirancang untuk Kota Palembang mampu menampilkan informasi kualitas udara secara real-time dengan tiga indikator utama: parameter ambang batas, kondisi aktual, dan grafik kualitas udara. Aplikasi ini juga menyediakan riwayat data kualitas udara dan informasi mengenai gangguan kesehatan akibat penurunan kualitas udara [8].
- g. Budianto H dan Sumanto B (2024) - Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis *Internet Of Things*.
Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi secara langsung dan dari jarak jauh, dilengkapi dengan database management system dan notifikasi peringatan adanya pencemaran udara. Penelitian ini menggunakan rangkaian sensor, NodeMCU ESP32, Arduino Uno, dan layar LCD, serta menyediakan fitur untuk mencetak data dalam berbagai format [9].

- h. Bayu Dafa Mujo Yulianto, Aulia Desy Nur Utomo, Aditya Wijayanto (2022) - Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Polusi Karbon Monoksida (CO) di Udara Berbasis Internet Of Things. Alat monitoring polusi udara berbasis IoT yang dirancang berfungsi dengan baik, dengan Sensor DHT11 mencapai tingkat keberhasilan 98,52% dan Sensor MQ7 98,28%. Alat ini mampu membaca kualitas udara secara real-time dan mengirimkan data yang diukur oleh sensor melalui NodeMCU ke database [10].

II. METOD

Dalam metode penelitian ini disusun dan dilaksanakan beberapa tahapan untuk memperoleh hasil yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara langsung di lokasi pengolahan kayu laban di Desa Karangjambe, Purbalingga. Proses produksi yang melibatkan pemotongan, penghalusan, dan pengeleman kayu menghasilkan debu halus dan gas berbahaya seperti CO dan VOCs yang dapat membahayakan kesehatan pekerja. Sayangnya, hingga saat ini belum tersedia sistem monitoring kualitas udara yang dapat memberikan informasi secara real-time. Oleh karena itu, diperlukan perancangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kualitas udara dan memberikan peringatan dini terhadap polusi udara yang terjadi di area produksi [11].

B. Studi Literatur

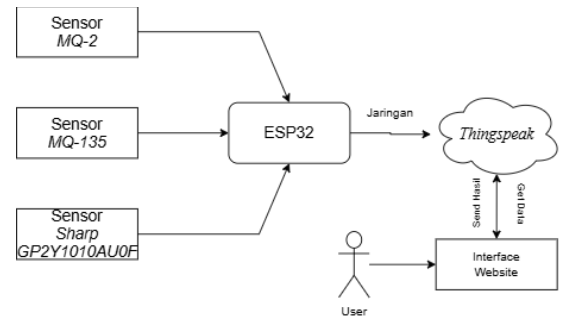
Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman teoritis dan referensi yang relevan dalam mendukung perancangan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT. Referensi yang digunakan mencakup penelitian-penelitian sebelumnya mengenai penggunaan sensor gas (seperti MQ-2, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F), platform IoT seperti ThingSpeak, dan mikrokontroler ESP32 sebagai inti pemrosesan data. Selain itu, peneliti juga mengkaji standar kualitas udara yang berlaku, seperti Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), untuk menentukan ambang batas deteksi sensor. Studi ini menjadi landasan dalam merancang sistem yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

C. Desain Sistem

Pada tahap ini menggambarkan keseluruhan alur dan struktur monitoring kualitas udara. Beberapa diagram digunakan untuk menggambarkan alur dan cara kerja sistem.

1) Diagram Blok

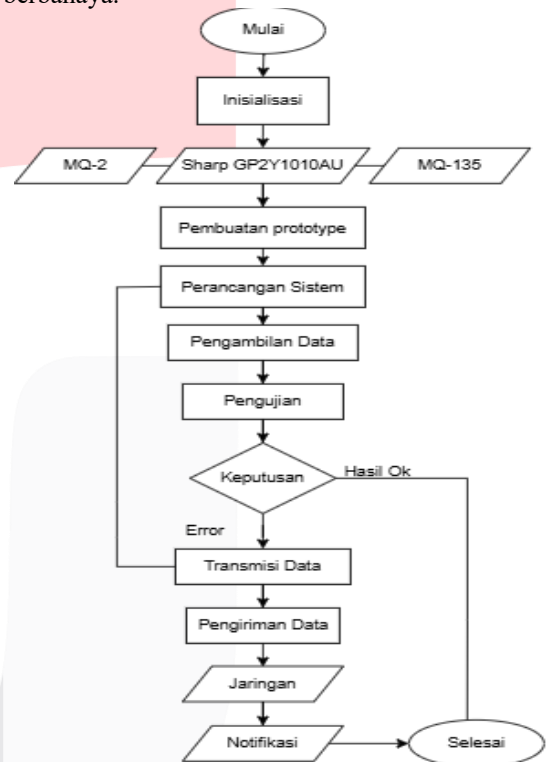
Menjelaskan alur sensor ke mikrokontroler ESP32, lalu ke Thingspeak, hingga *output* berupa grafik dan notifikasi peringatan.



GAMBAR 1
DIAGRAM BLOK

2) Flowchart Sistem

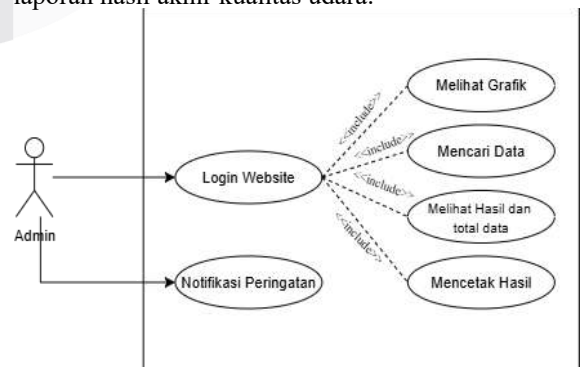
Menggambarkan langkah-langkah kerja sistem mulai dari inisialisasi hingga alarm yang menandakan kualitas udara dalam keadaan baik atau berbahaya.



GAMBAR 2
FLOWCHART SISTEM

3) Use Case

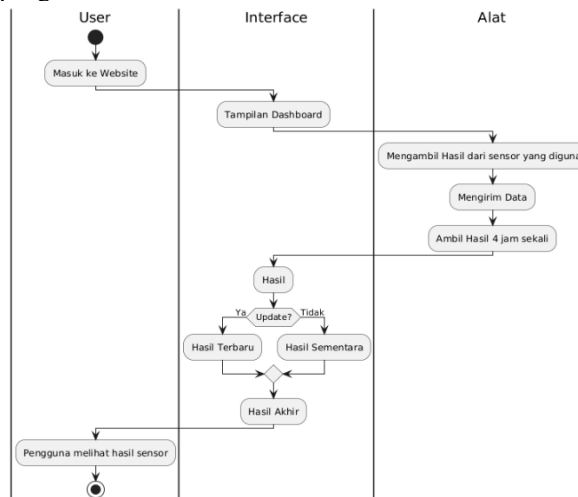
Menjelaskan interaksi antara pengguna dan sistem, misalnya pengguna melihat data dan mencetak laporan hasil akhir kualitas udara.



GAMBAR 3
USE CASE

4) Activity Diagram

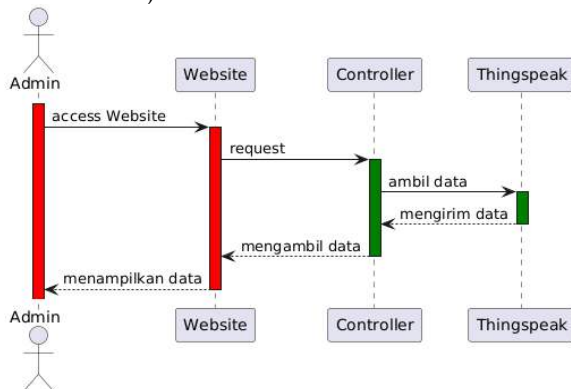
Memaparkan proses berurutan atau secara terstruktur, seperti pengukuran sensor dan proses pengiriman data.



GAMBAR 4
ACTIVITY DIAGRAM

5) Sequence Diagram

Menjelaskan komunikasi antar entitas sistem (sensor, mikrokontroler, platform, Thingspeak, dan website lokal).



GAMBAR 5
SEQUENCE DIAGRAM

D. Perancangan Sistem

Dalam tahap ini, peneliti merancang sistem monitoring kualitas udara yang mencakup perakitan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai keutuhan sistem monitoring. Perancangan dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu membaca, mengolah, dan mengirimkan data kualitas udara secara real-time melalui koneksi *Internet of Things* (IoT) [12].

a. Pengkodean Software dan Hardware

Pada tahap ini dilakukan pemrograman mikrokontroler ESP32 menggunakan Arduino IDE agar dapat membaca data dari sensor MQ-2, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F. Selain itu, dilakukan pengaturan koneksi ke platform ThingSpeak serta integrasi dengan website lokal menggunakan bahasa pemrograman PHP dan database MySQL [12].

TABEL 1
KEBUTUHAN SOFTWARE

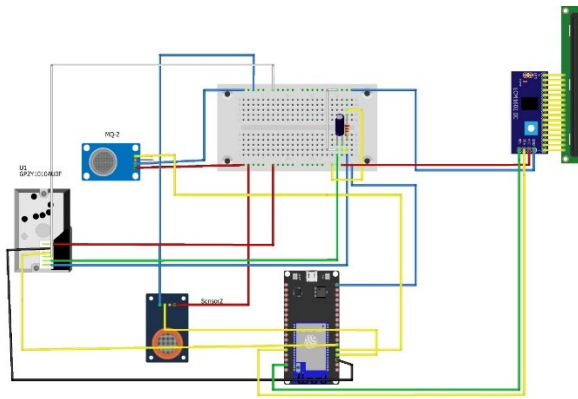
Platform <i>Thingspeak</i>	Menyimpan Data yang diperoleh
Website IoT	Menampilkan Hasil dari alat
Teks Editor VScode	Pemograman website
Modul Arduino IDE	Kalibrasi atau Pemasangan code program pada sensor
Fritzing	Mendesai perangkat hardware
Ms. Word	Membuat Laporan

TABEL 2
KEBUTUHAN HARDWARE

Kebutuhan	Jumlah
PC/Laptop	1 Buah
Mikrokontroler ESP32	1 Buah
Sensor <i>MQ-2</i>	1 Buah
Sensor <i>MQ-135</i>	1 Buah
Sensor <i>Sharp GP2Y1010AU0F</i>	1 Buah
Kabel <i>Jumper</i> (10 cm)	- 20 male to male - 15 male to female
Solder	1 Buah
Ekspansi PCB prototipe	1 Buah
Buzzer	1 Buah

b. Perakitan perangkat keras

Proses ini mencakup pemasangan seluruh komponen fisik seperti sensor gas dan debu, mikrokontroler ESP32, kabel jumper, buzzer, dan modul LCD ke dalam rangkaian prototipe menggunakan papan PCB dan breadboard sebagai media uji coba.



GAMBAR 6
PROTOTYPE PERANGKAT KERAS

c. Pengujian Sistem Prototipe

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik. Hal ini termasuk menguji akurasi pembacaan sensor, kestabilan pengiriman data ke ThingSpeak, tampilan data pada website, serta respons buzzer saat ambang batas polutan terlampaui [13].

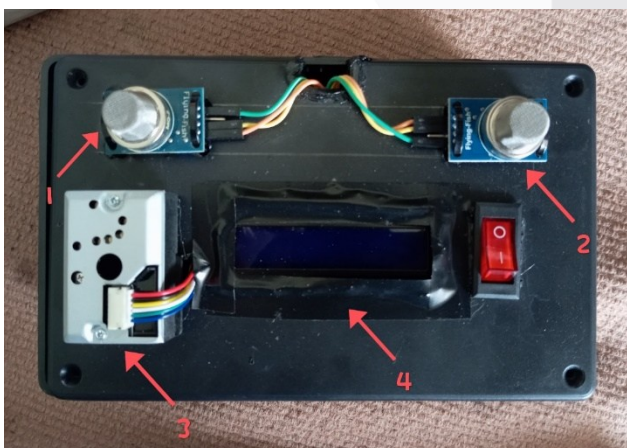
d. Evaluasi Sistem Monitoring Kualitas Udara

Tahapan ini bertujuan menilai kinerja sistem secara keseluruhan setelah prototipe diuji. Evaluasi mencakup keakuratan data sensor, kecepatan respon sistem, kestabilan koneksi, dan efektivitas sistem dalam memberikan notifikasi saat terjadi pencemaran udara di area pengolahan kayu laban.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan yang sudah dilakukan sebelumnya, baik dari sisi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software). Perancangan ini dilakukan untuk membangun sebuah sistem yang mampu menjalankan fungsi sesuai dengan tujuan penelitian, mulai dari tahap pemilihan komponen [14].

A. Perangkat Keras



GAMBAR 7
TAMPILAN LUAR PERANGKAT

- 1) ESP32, dalam praktikan perangkat Internet Of Things (IoT) untuk menampung atau menyimpan program

sensor. Versi yang dipakai adalah menggunakan mikrokontroler DOIT ESP32DEVKIT V1.



GAMBAR 8
MIKROKONTROLER ESP32

- 2) Sensor MQ-2, dalam penelitian ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas – gas berbahaya seperti contohnya LPG, asap, dan metana. Sensor ini juga bekerja berdasarkan perubahan resistensi material sensitive di dalamnya terhadap suatu konsentrasi gas di udara.



GAMBAR 9
SENSOR MQ2

- 3) Sensor MQ-135, dalam penelitian ini sebagai alat yang mengukur Tingkat polutan umum di udara seperti contohnya ammonia, karbon dioksida (CO2), dan asap rokok sehingga dapat memberikan indikasi baik atau buruk sebuah kualitas udara.



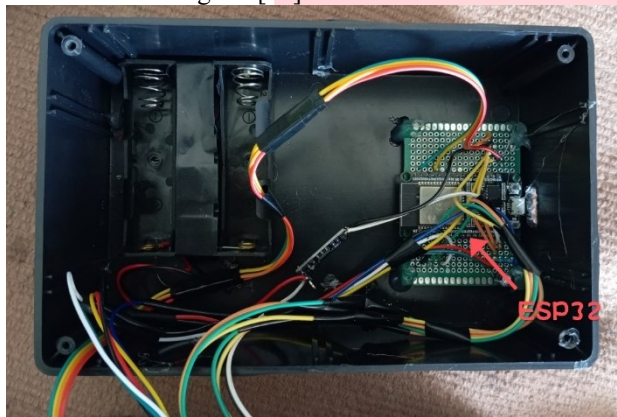
GAMBAR 10
SENSOR MQ135

- 4) Sensor Sharp GP2Y1010A0F, digunakan sebagai mendeteksi atau mengukur sebuah konsentrasi debu partikulat (PM10) dilingkungan sekitar. Sensor ini juga bekerja berdasarkan prinsip pantulan cahaya infra merah terhadap partikel debu yang melintas di dalam ruangan penelitian ini [15].



GAMBAR 11
SENSOR SHARP GP2Y1010AU0F

- 5) LCD I2C 16x2, digunakan untuk menampilkan nilai dari konsentrasi polutan yang dideteksi oleh sensor dan juga menampilkan status. Dengan mengatur waktu penampilan yang secara bergiliran atau secara berurut sesuai yang sudah di program dengan menentukan berapa detik akan tampil dan berapa detik akan berganti [15].

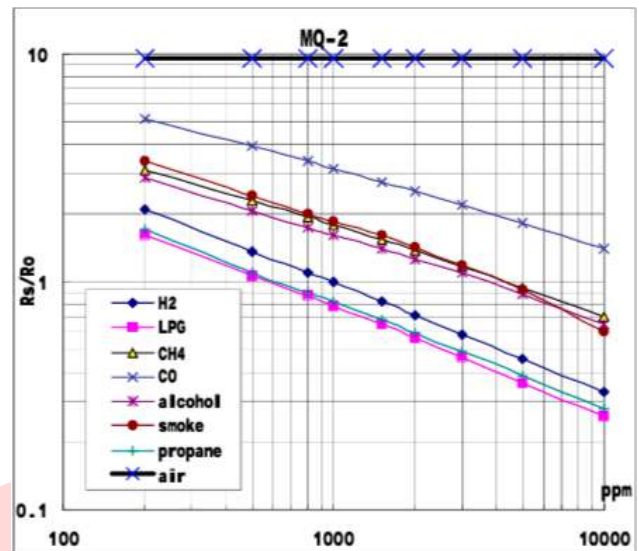


GAMBAR 12

TAMPILAN DALAM PERANGKAT

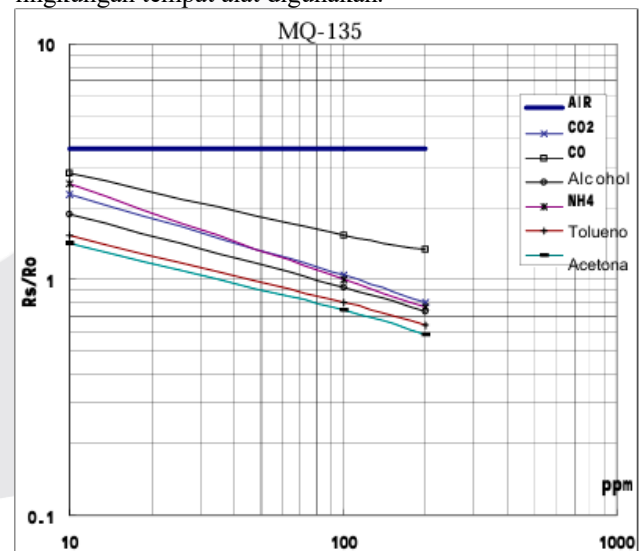
B. Matrik Evaluasi

Grafik kalibrasi sensor MQ-2 digunakan untuk memetakan hubungan antara nilai resistansi sensor (R_s) terhadap nilai R_o (resistansi referensi di udara bersih) dalam mendeteksi kadar gas tertentu, seperti karbon monoksida (CO) atau asap, dalam satuan ppm. Grafik ini membantu menentukan nilai konsentrasi gas berdasarkan perbandingan logaritmik R_s/R_o terhadap PPM, sehingga hasil pembacaan sensor menjadi lebih akurat dan dapat dibandingkan dengan standar kualitas udara [16]. Kalibrasi ini penting agar sensor dapat menghasilkan data yang sesuai dengan kondisi nyata di lingkungan pengolahan kayu.



GAMBAR 13
GRAFIK KALIBRASI SENSOR MQ-2

Grafik kalibrasi sensor MQ-135 digunakan untuk menentukan hubungan antara nilai resistansi sensor (R_s) terhadap konsentrasi gas yang terdeteksi, seperti karbon dioksida (CO_2) atau gas polutan lainnya, dalam satuan ppm. Grafik ini membantu peneliti untuk mengetahui nilai R_o (resistansi referensi) pada kondisi udara bersih yang nantinya digunakan sebagai acuan perhitungan nilai ppm saat sensor beroperasi [17]. Dengan grafik kalibrasi ini, pembacaan sensor menjadi lebih akurat karena didasarkan pada karakteristik sensor yang sebenarnya setelah disesuaikan dengan kondisi lingkungan tempat alat digunakan.



GAMBAR 14
GRAFIK KALIBRASI SENSOR MQ-135

C. Persamaan

1. Sensor MQ-2

Rumus Umum:

$$m = \frac{\log(y_2) - \log(y_1)}{\log(x_2) - \log(x_1)} \quad (3)$$

m = gradien atau kemiringan garis lurus dalam

grafik log-log antara PPM dan Rs/Ro.
 y_1 = Nilai PPM pertama (konsentrasi gas) yang diperoleh dari grafik datasheet sensor.
 y_2 = Nilai PPM kedua (konsentrasi gas) pada titik yang berbeda dari grafik yang sama.
 x_1 = Nilai Rs/Ro yang berpasangan dengan y_1
 x_2 = Nilai Rs/Ro yang berpasangan dengan y_2
 Rumus Turunan:

$$b = \log(y) - m * \log(x) \quad (4)$$

b = Intersep titik potong nilai

y saat $x = 0$

$$\log(Rs/Ro) = \frac{\log(PPM) - b}{m} = \frac{\text{nilai ppm}}{m} = \text{hasil} \quad (5)$$

maka:

$$PPM = 10^{(m \cdot \log(Rs/Ro) + b)} \quad (6)$$

2. Sensor Mq-135

Rumus Turunan:

$$c = \log(Y) - m \cdot \log(X) \quad (7)$$

X = Konsentrasi gas (dalam ppm)

m = Kemiringan grafik (*slope*)

c = Titik potong sumbu Y (*intersep*)

Rumus tegangan:

$$V_{out} = \frac{ADC \times 5.0}{4095} \quad (8)$$

ADC = Nilai pembacaan analog ESP32

5.0 = 5V adalah tegangan referensi Dari ESP32 ke sensor

4095 = nilai resolusi maksimum ADC 12-bit (aturan jika menggunakan tegangan 5.0)

Rumus hitung Rs/Ro:

$$\text{Rasio} = \frac{Rs}{Ro} \quad (9)$$

Nilai Ro = resistensi sensor pada udara bersih yang didapat saat kalibrasi

Rumus hitung nilai PPM:

$$PPM = a \cdot (\text{Rasio})^b \quad (10)$$

$$a = 116.6020682$$

$$b = -2.769034857$$

Berdasarkan hasil dari kalibrasi sensor dengan menggunakan dataset parameter yang ada.

3. Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

Rumus tegangan adc ke vout:

$$V_{out} = \frac{ADC \times 5.0}{4095} \quad (11)$$

$$V_{ref} = 5.0 \text{ V}$$

$$ADC_{max} = 4095$$

Rumus Konsentrasi Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$):

$$\text{Konsentrasi } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \text{mg}/\text{m}^3 \times 1000 \quad (12)$$

V_{out} = Tegangan output sensor (Volt)

V_0 = Tegangan offset sensor (biasanya 0.5V)

S = Sensitivitas sensor (mg/m^3 per Volt)

1000 untuk mengubah satuan dari mg/m^3 ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$

D. Tabel Hasil

TABEL 13
HASIL PERHITUNGAN GAS CO

No	ADC	Rs/Ro	Log (Rs/Ro)	PPM	Status
1	49	0.1613	0.7924	17.7	Aman
2	32	0.1724	0.7634	18.0	Aman
3	30	0.1961	0.7076	18.4	Aman
4	15	0.3226	0.4914	20.3	Aman
5	25	0.2632	0.5798	19.5	Aman
6	6	0.3750	0.4260	20.9	Aman
7	11	0.3448	0.4624	20.6	Aman
8	17	0.3125	0.5052	20.2	Aman
9	21	0.2778	0.5563	19.7	Aman
10	28	0.2381	0.6232	19.1	Aman
11	35	0.2041	0.6902	18.6	Aman
12	37	0.1818	0.7404	18.2	Aman
13	48	0.1471	0.8325	17.4	Aman
14	51	0.1486	0.8278	17.5	Aman
15	55	1.3924	-0.1438	26.9	Normal
16	52	0.1316	0.8808	17.1	Aman
17	56	0.1358	0.8670	17.2	Aman
18	47	0.1613	0.7924	17.7	Aman
19	41	0.1695	0.7711	18.0	Aman
20	110	0.0267	1.5733	11.1	Aman
21	98	0.0249	1.6030	10.8	Aman
22	95	0.0244	1.6122	10.7	Aman
23	82	0.0274	1.5611	11.2	Aman
24	75	0.0256	1.5911	10.9	Aman
25	112	0.0263	1.5804	11.0	Aman
26	203	0.0405	1.3924	13.1	Aman
27	131	0.0368	1.4336	12.7	Aman
28	185	0.0532	1.2742	14.7	Aman
29	110	0.0356	1.4472	12.5	Aman
30	104	0.0310	1.5086	11.9	Aman
31	102	0.0305	1.5166	11.9	Aman

TABEL 14
HASIL PERHITUNGAN POLUTAN ASAP

No	Rs/Ro	Log(Rs/Ro)	PPM	Status
1	6.20	0.7924	13.4	Aman
2	5.80	0.7634	13.9	Aman
3	5.10	0.7076	14.9	Aman
4	3.10	0.4914	18.2	Aman
5	3.80	0.5798	16.5	Aman
6	2.67	0.4265	19.4	Aman
7	2.90	0.4624	18.6	Aman
8	3.20	0.5051	18	Aman
9	3.60	0.5563	17	Aman
10	4.20	0.6232	15.8	Aman
11	4.90	0.6902	15.2	Aman
12	5.50	0.7404	14.3	Aman
13	6.80	0.8325	12.7	Aman
14	6.73	0.8282	12.8	Aman
15	0.72	-0.1427	29.2	Aman
16	7.60	0.8808	11.9	Aman

No	Rs/Ro	Log(Rs/Ro)	PPM	Status
17	7.36	0.8675	12.2	Aman
18	6.20	0.7924	13.4	Aman
19	5.90	0.7709	13.8	Aman
20	37.45	1.5735	03.3	Aman
21	40.20	1.6042	03.2	Aman
22	40.91	1.6117	03.1	Aman
23	35.90	1.5544	03.5	Aman
24	39.00	1.5911	03.2	Aman
25	38.00	1.5798	03.3	Aman
26	24.70	1.3927	04.5	Aman
27	27.20	1.4346	04.2	Aman
28	20.89	1.3195	05.1	Aman
29	28.09	1.4485	04.1	Aman
30	30.87	1.4896	03.8	Aman
31	30.08	1.4785	03.9	Aman

TABEL 15
HASIL PERHITUNGAN CO2

No	ADC	Vout	Rasio (Rs/Ro)	PPM	Status
1	14	171	3.202	2	Aman
2	11	134	965.9	2	Aman
3	12	146	966.3	2	Aman
4	9	110	1.410	4	Aman
5	15	183	372.7	7	Aman
6	18	220	1.224	9	Aman
7	10	122	1.224	9	Aman
8	10	122	521.2	2	Aman
9	12	146	1.089	1	Aman
10	10	122	470.0	3	Aman
11	9	110	1.1077	9	Aman
12	5	61	1.0306	10	Aman
13	7	85	1.2083	72	Aman
14	15	183	1.6691	28	Aman
15	13	159	1.1947	76	Aman
16	10	122	1.1947	76	Aman
17	11	134	1.1979	112	Normal
18	13	159	1.1709	80	Aman
19	11	134	1.2000	116	Normal
20	11	134	1.2000	116	Normal
21	10	122	1.1947	76	Aman
22	13	159	1.1709	80	Aman
23	16	195	2.2429	12.5	Normal
24	13	159	3.2429	05.4	Aman
25	11	134	1.9429	19.8	Aman
26	10	122	1.3667	53.8	Aman
27	5	61	1.0723	97.6	Aman
28	12	146	1.0498	102	Aman
29	4	49	2.2195	12.8	Aman
30	6	73	1.5390	36.0	Aman

6	01.8	51.5	Baik	51500
7	01.5	129	Waspada	129000
8	01.5	126	Waspada	126000
9	01.5	129	Waspada	129000
10	01.4	99.8	Baik	99800
11	01.2	87.8	Baik	87800
12	01.2	56.6	Baik	56600
13	01.2	55.6	Baik	55600
14	01.3	78.3	Baik	78300
15	01.2	62.9	Baik	62900
16	01.1	92.6	Baik	92600
17	00.7	19.2	Baik	19200
18	00.8	25.8	Baik	25800
19	01.3	71.5	Baik	71500
20	01.1	59.7	Baik	59700
21	03.5	105.2	Waspada	105200
22	06.2	340.6	Waspada	340600
23	05.6	298.0	Waspada	298000
24	10.5	364.5	Bahaya	364500
25	12.6	421.8	Bahaya	421800
26	15.1	374.5	Bahaya	374500
27	13.5	410.1	Bahaya	410100
28	09.7	234.7	Waspada	234700
29	07.2	185.2	Waspada	185200
30	04.1	174.5	Waspada	174500

Tabel 16 Hasil Perhitungan Kualitas Debu

No	Voultage	Kosentrasi Partikel Debu		ug/m ³
		mg/m ³	Status	
1	05.2	309.5	Waspada	309500
2	01.9	81.7	Baik	81700
3	02.0	87.1	Baik	87100
4	01.5	357.2	Bahaya	357200
5	01.7	102.2	Waspada	102200

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil Penelitian dan pengujian sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet Of Things (IoT) dilapangan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem monitoring kualitas udara yang dirancang mampu mendeteksi secara real-time dalam mendeteksi empat parameter yang ada diudara, yaitu karbon monoksida (CO), Polutan Asap, karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu menggunakan sensor MQ-2, MQ-135, dan Sharp GP2Y1010AU0F.
2. Sistem telah berhasil menampilkan data kualitas udara pada LCD dan platform Thingspeak secara otomatis dan *real-time* tanpa intervensi manual..
3. Dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat lonjakan signifikan pada emisi gas Karbon Monoksida (CO). Hal ini disebabkan oleh metode pengolahan kayu yang masih bersifat tradisional tanpa melibatkan proses pembakaran langsung, sehingga tidak memberikan kontribusi besar terhadap pencemaran udara oleh gas CO. Dengan demikian, kondisi udara di lingkungan kerja tetap tergolong layak dan tidak membahayakan kesehatan pernapasan para pekerja.
4. Untuk kadar polutan asap pada lingkungan semi-outdoor pengolahan kayu laban menunjukkan fluktuasi yang cukup dinamis, dengan rata-rata sebesar 13,2 ppm dan nilai maksimum mencapai 29,2 ppm. Lonjakan konsentrasi asap umumnya terjadi saat aktivitas pemotongan kayu berlangsung intensif serta ketika pekerja merokok pada jam istirahat. Meskipun terdapat peningkatan sementara, seluruh

nilai pengukuran masih berada di bawah ambang batas aman menurut standar World Health Organization (WHO) dan parameter acuan sensor. Hal ini masih menandakan kualitas udara pada pengukuran asap tergolong aman.

5. Untuk Kesimpulan dari pengukuran kadar Karbon Dioksida (CO₂) dilingkungan pengolahan kayu laban menunjukkan nilai masih dibawah ambang batas dan tergolong aman yang telah ditetapkan dan mengacu pada standar kualitas udara nasional maupun acuan WHO. Konsentrasi CO₂ cenderung mengalami peningkatan pada waktu-waktu tertentu, khususnya selama aktivitas produksi yang intensif atau saat penggunaan mesin.
6. Untuk hasil dari pengukuran kualitas debu dilapangan dapat disimpulkan bahwa sebanyak 13 data dengan 43% termasuk dalam kategori “Baik”, sementara 11 data dengan 37% masuk ke dalam kategori “Waspada”, dan sisanya 6 data dengan 20% tercatat ke dalam kategori “Bahaya”. Pengukuran ini menunjukkan bahwa sebagian besar kualitas udara berada pada tingkat yang masih dapat ditoleransi (“Baik” hingga “Waspada”). Namun demikian, keberadaan sejumlah sampel yang masuk ke dalam kategori Bahaya, terutama saat aktivitas pemrosesan berlangsung intensif, mengindikasikan adanya fluktuasi signifikan pada kadar partikel debu.

REFERENSI

- [1] “PERANCANGAN ALAT PEMANTAU KUALITAS UDARA BERBASIS IoT-Tinjauan Pustaka.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/351361879>
- [2] Andi Seppewali, Farly Fitrian Dwiputra, and Warseno Hari Mulyo, “Implementasi Aplikasi Mobile Knowledge Management System pada PT. Pesona Edukasi menggunakan Pendekatan Rapid Application Development,” *Pixel :Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, vol. 17, no. 1, pp. 134–148, Jul. 2024, doi: 10.51903/pixel.v17i1.1990.
- [3] “Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara Diluar Ruangan”.
- [4] I. Iskandar, W. Rimalia, and B. Leonard Enrico Panggabean, “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT),” 2024.
- [5] “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA AREA PRODUKSI PT NAYATI INDONESIA BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA 2560.”
- [6] A. Budiman, M. Franata, S. Tinggi Teknologi Payakumbuh, and P. Korespondesi, “Perancangan Prototype Pemantauan Polusi Udara dalam Ruangan Berbasis IoT Design of IoT Based Indoor Air Pollution Monitoring Prototype,” vol. 3, no. 2, pp. 96–110, 2024.
- [7] R. Fajar Nugraha, F. Nurul Husna, S. Sandi, A. Fairuz Syahla, Y. Aldi Saputra, and R. Hidayat, “Pengawasan Polusi Udara Berbasis ESP32 dengan Sensor Gas MQ-2 dan MQ-135,” *Jurnal Komputer dan Elektro Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, Jan. 2024, doi: 10.58291/komets.v2i2.175.
- [8] F. T. Aprilia, A. Taqwa, and A. S. Handayani, “Perancangan Sistem Monitoring Kadar Kualitas Udara Menggunakan Particulate Matter 2,5 Berbasis Web,” *SMATIKA JURNAL*, vol. 11, no. 02, pp. 92–100, Dec. 2021, doi: 10.32664/smatika.v11i02.594.
- [9] H. Budianto and B. Sumanto, “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things,” vol. 5, no. 1, 2024.
- [10] B. Dafa, M. Yulianto, A. Desy, N. Utomo, and A. Wijayanto, “LEDGER: Journal Informatic and Information Technology Perancangan Alat Monitoring Suhu dan Polusi Karbon Monoksida (Co) di Udara Berbasis Internet Of Things (Iot),” 2022.
- [11] A. Richo, M. R. S. Naibaho, M. W. Lestari, T. Elektronika, T. Elektro, and P. N. Medan, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING POLUSI UDARA BERBASIS IOT DENGAN SUMBER ENERGI RAMAH LINGKUNGAN.”
- [12] J. Perintis Kemerdekaan Km, “PROSIDING SEMINAR ILMIAH SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI INFORMASI Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (P3M) Universitas Dipa Makassar Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Berbasis Internet Of Things (Iot).”
- [13] F. T. Arumsari, J. Maulindar, and A. I. Pradana, “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *INFOTECH journal*, vol. 9, no. 1, pp. 175–182, May 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.5317.

[14] A. Pridiantoko Putro, D. Arrival Hidayat, F. Fauzan Heratama, A. Dwi Cahyo, D. Eka Yulian, and Y. Agung Prabowo Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, "SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan Sensor MQ2 Berbasis Internet of Things", doi: 10.31284/p.snestik.2023.4214.

[15] M. Nurilman Baehaqi, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Sensor GP2Y1010AU0F dan MQ-7 Berbasis Web di Pelabuhan Tanjung Priok," 2017. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/320311350>

[16] D. Putra Pratama and N. Faiq Muhammad, "Sistem Pemantauan Kualitas Udara IoT Untuk Mitigasi Risiko Pekerja dan Masyarakat di Industri Genteng Studi Kasus : Desa Talesan Purwantoro Wonogiri."

[17] W. Halim and F. Ardiani, "Pengembangan Aplikasi Android untuk Monitoring Suhu dan Kelembaban berbasis Internet of Things," 2070. [Online]. Available: <https://journal.stmiki.ac.id>

