

## RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KUALITAS UDARA DI AREA PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH SAKIT

<sup>1</sup>Mohamad Sofie, <sup>2</sup>Dhiki Meirza Alfath, <sup>3</sup>Bayu Wahyudi, <sup>4</sup>Patrisius Kusi Olla

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Medik  
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang  
[mohamadsofie@stikessemarang.ac.id](mailto:mohamadsofie@stikessemarang.ac.id)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Medik  
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang  
[dhikimeirza@stikessemarang.ac.id](mailto:dhikimeirza@stikessemarang.ac.id)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro Medik  
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang  
[bayuwahyudi@stikessemarang.ac.id](mailto:bayuwahyudi@stikessemarang.ac.id)

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Elektro Medik Sekolah  
Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang  
[patrisiuskusiolla@stikessemarang.ac.id](mailto:patrisiuskusiolla@stikessemarang.ac.id)

### Article history:

Received 30th of January 2025

Revised 10th of February 2025

Accepted 12th of February 2025

### Abstract

Decreased air quality caused by air pollution can cause respiratory problems if inhaled for a long period of time. The absence of air quality monitoring equipment in the waste management area means that workers do not know the level of air pollution that occurs in the hospital area. This research aims to create an Air Quality monitoring system in the Hospital Waste Processing Area. The air that will be monitored is Methane, CO, Alcohol and NH<sub>4</sub>. Data on temperature, humidity, methane gas, alcohol gas, CO gas and NH<sub>4</sub> gas are sent via ESP32 to the smartphone and sent directly to Google Sheet in real time, so that data acquisition from this tool is stored properly. Indoor measurements showed that Methane Gas showed an average of 40.9 ppm, then around the IPALL area Methane Gas rose to 81.0, this was because methane gas around the IPALL area had increased. Indoor measurements show that CO gas shows an average of 3 ppm, then around the IPALL area, CO gas increases to 165 ppm, this is because CO gas around the IPALL area has increased. Indoor measurements show that Alcohol Gas shows an average of 1 ppm, then around the IPALL area Alcohol Gas increases to 969 ppm, this is because Alcohol gas around the IPALL area has increased. Indoor measurements show that NH<sub>4</sub> gas shows an average of 4 ppm, then around the IPALL area Methane Gas increases to 986 ppm, this is because methane gas around the IPALL area has increased.

**Keywords:** Methane Gas, CO Gas, Alcohol Gas, NH<sub>4</sub> Gas, Sensors

## Pendahuluan

Kualitas udara di area pengelolaan limbah rumah sakit adalah salah satu unsur terpenting untuk menunjang aktivitas suatu pekerjaan [1]. Di Rumah Sakit terdapat berbagai proses pengelolaan limbah dimana saat pengolahan limbah bisa menyebabkan pencemaran udara di area rumah sakit. Pencemaran udara ini diakibatkan oleh beberapa gas polutan seperti partikel asap yang berasal dari proses pengelolaan limbah rumah sakit. Penurunan kualitas udara yang diakibatkan oleh pencemaran udara ini dapat menimbulkan gangguan pernafasan bila terhirup dalam jangka waktu yang lama [2]. Belum adanya alat pemantau kualitas udara di area pengelolaan limbah membuat para pekerja tidak tahu tingkat pencemaran udara yang terjadi di area rumah sakit. Lalu bagaimana cara untuk memberikan informasi kualitas udara di area pengelolaan limbah. Alat pemantau kualitas udara yang dimonitoring dengan Internet of Things dapat memberikan informasi kualitas udara pada area pengelolaan limbah sehingga para pekerja akan lebih meningkatkan kewasdaan akan bahayanya pencemaran udara untuk sistem pernapasan [3].

Polutan adalah pencemaran yang diakibatkan oleh zat – zat berbahaya sehingga dapat mengganggu kelangsungan hidup pada suatu lingkungan. Polutan udara adalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari berbagai macam gas seperti asap dari pabrik / industri, asap dari kendaraan bermotor, asap dari pembakaran sampah, dan lain sebagainya [4]. Berikut adalah jenis – jenis gas yang dapat mengakibatkan pencemaran udara :

### 1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan sangat berbahaya bagi manusia dan hewan jika terhirup dalam jumlah tertentu. Gas ini terbentuk ketika bahan bakar berbasis karbon, seperti kayu, batu bara, bensin, gas alam, atau minyak, terbakar tidak sempurna akibat kurangnya oksigen [5]. Efek samping dari paparan karbon monoksida bisa

sangat berbahaya, terutama karena gas ini dapat mengikat hemoglobin dalam darah dengan lebih kuat daripada oksigen, mengurangi kemampuan darah untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh [6]. Beberapa efek samping dari paparan karbon monoksida antara lain:

#### Gejala ringan

- Sakit kepala
- Pusing
- Mual
- Kelelahan
- Gangguan penglihatan (kabur)
- Pingsan

#### Paparan tingkat tinggi atau jangka panjang

- Kerusakan otak permanen
- Kerusakan jantung
- Kematian

Paparan jangka panjang meskipun pada tingkat rendah dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius, terutama pada orang dengan kondisi medis yang sudah ada, seperti penyakit jantung atau gangguan pernapasan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan ventilasi yang baik di area yang bisa terpapar karbon monoksida, seperti ruang tertutup dengan pembakaran bahan bakar.

## 2. Alkohol

Alkohol adalah senyawa kimia organik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksil ( $-OH$ ) yang terikat pada atom karbon. Alkohol yang paling umum dikenal adalah etanol ( $C_2H_5OH$ ), yang ditemukan dalam minuman beralkohol [7]. Selain itu, terdapat jenis alkohol lain seperti metanol ( $CH_3OH$ ) dan isopropil alkohol ( $C_3H_7OH$ ), yang digunakan dalam industri atau sebagai bahan pembersih.

- Etil alkohol (etanol): Digunakan dalam minuman, antiseptik, dan bahan bakar.
- Metanol: Alkohol beracun yang digunakan sebagai pelarut dan bahan bakar.
- Isopropil alkohol: Digunakan dalam produk pembersih dan antiseptik.

### Efek Samping Alkohol pada Manusia:

Efek samping alkohol tergantung pada jenis alkohol, dosis, dan cara paparan (konsumsi, inhalasi, atau kontak kulit).

#### Alkohol Konsumsi (Etanol)

Jangka Pendek	Jangka Panjang
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pusing, euforia, dan gangguan koordinasi.</li> <li>• Penurunan kemampuan konsentrasi dan pengambilan keputusan.</li> <li>• Mabuk (intoksikasi), yang dapat menyebabkan mual, muntah, dan kehilangan kesadaran.</li> <li>• Overdosis alkohol (keracunan akut) dapat menyebabkan koma atau kematian.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kerusakan hati: Seperti perlemakan hati, hepatitis alkoholik, dan sirosis.</li> <li>• Gangguan mental: Depresi, kecemasan, dan ketergantungan alkohol (alkoholisme).</li> <li>• Kerusakan organ lain: Kerusakan jantung, pankreatitis, atau gangguan sistem saraf.</li> </ul>

#### Alkohol Beracun (Metanol dan Isopropil Alkohol) Metanol:

- Sangat beracun jika diminum, dihirup, atau terserap melalui kulit.
- Gejala: Mual, muntah, gangguan penglihatan (buta), kerusakan organ, hingga kematian.

#### Ammonium ( $NH_4$ )

$NH_4$  adalah simbol kimia untuk ammonium, yaitu ion bermuatan positif (kation) yang terbentuk dari reaksi amonia ( $NH_3$ ) dengan air. Ammonium sering ditemukan dalam bentuk senyawa seperti ammonium klorida ( $NH_4Cl$ ) atau ammonium nitrat ( $NH_4NO_3$ ), yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk pupuk, bahan pembersih, dan eksplosif [8].

### Pengertian NH<sub>4</sub> (Ammonium)

- Struktur kimia : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (satu atom nitrogen yang terikat dengan empat atom hidrogen, membawa muatan positif).
- Sifat : Ion ini larut dalam air dan banyak digunakan dalam larutan kimia
- Sumber : Biasanya berasal dari reaksi antara amonia (NH<sub>3</sub>) dengan asam atau air. Efek Samping NH<sub>4</sub> terhadap Manusia

Efek samping ammonium bergantung pada bentuk senyawanya dan konsentrasinya.

Berikut adalah potensi bahaya bagi manusia:

Iritasi pada Saluran Pernapasan:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paparan ammonium dalam bentuk gas (amonia dari dekomposisi NH<sub>4</sub>) atau debu dapat menyebabkan:           <ul style="list-style-type: none"> <li>Iritasi hidung dan tenggorokan.</li> <li>Batuk, sesak napas, dan nyeri dada.</li> </ul> </li> </ul>
Dampak pada Kulit dan Mata	<p><b>Kontak dengan larutan ammonium dapat menyebabkan</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Iritasi atau peradangan pada kulit.</li> <li>Sensasi terbakar atau kemerahan pada mata.</li> <li>Jika konsentrasi tinggi, bisa menyebabkan luka bakar kimia.</li> </ul> <p><b>Keracunan Akibat Paparan Tinggi Melalui inhalasi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dapat menyebabkan kesulitan bernapas atau kerusakan paru-paru.</li> <li>Melalui konsumsi:           <ul style="list-style-type: none"> <li>Jika tertelan (misalnya dari produk berbasis NH<sub>4</sub>), dapat menyebabkan mual, muntah, diare, atau kerusakan pada saluran pencernaan.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Efek neurologis</b></p> <p>Pada dosis sangat tinggi, senyawa ammonium bisa menyebabkan kebingungan, kejang, atau bahkan koma</p>
Efek Lingkungan	Konsentrasi tinggi ammonium di lingkungan dapat mencemari air minum, yang berbahaya jika dikonsumsi manusia

### Methane (CH<sub>4</sub>)

Metana (CH<sub>4</sub>) adalah senyawa kimia yang terdiri dari satu atom karbon dan empat atom hidrogen. Ini adalah hidrokarbon paling sederhana dan adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tetapi sangat mudah terbakar. Metana adalah komponen utama gas alam dan sering digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga dan industri [9].

#### Efek Samping Metana pada Manusia:

Paparan Konsentrasi Rendah	Paparan Konsentrasi Tinggi (dalam ruang tertutup)	Risiko Ledakan
<ul style="list-style-type: none"> <li>Umumnya tidak berbahaya karena metana tidak bereaksi langsung dengan tubuh.</li> <li>Tidak menimbulkan gejala khusus jika udara tetap mengandung cukup oksigen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kekurangan oksigen (hipoksia)</li> <li>Pusing</li> <li>Pingsan</li> </ul>	Metana adalah gas mudah terbakar. Kebocoran metana di ruang tertutup dengan sumber api atau percikan dapat memicu ledakan atau kebakaran, yang berbahaya bagi keselamatan [10].

Pada rancang bangun ini, ESP32 menerima data hasil pengukuran tingkat pencemaran udara yang kemudian diteruskan ke GoogleSheet melalui koneksi internet. ESP32 adalah mikrokontroler berdaya rendah yang telah terintegrasi dengan Wi-Fi dan Bluetooth, membuatnya menjadi pilihan yang ideal untuk proyek-proyek IoT [11]. Kemampuan dual-core processor pada ESP32 juga memungkinkan

multitasking yang lebih baik, ditambah lagi harganya yang terjangkau menjadikannya solusi praktis dalam pengembangan teknologi IoT. ESP32 menawarkan banyak keunggulan yang membuatnya sangat cocok untuk pengembangan proyek IoT [12]:

1. Konektivitas Nirkabel: Kemampuan untuk mendukung Wi-Fi dan Bluetooth memungkinkan ESP32 untuk menghubungkan perangkat dan mesin di berbagai lokasi di dalam pabrik tanpa memerlukan kabel tambahan. Ini memudahkan pengumpulan data secara real-time dari mesin-mesin produksi yang tersebar.
2. Dual-Core Processor: ESP32 memiliki prosesor ganda yang memungkinkan performa lebih baik dan memungkinkan pemrosesan multitasking, yang diperlukan untuk menangani beberapa tugas sekaligus, seperti pengumpulan data dan pemrosesan sinyal dari berbagai sensor [13].
3. Efisiensi Energi: Dalam aplikasi IoT, penggunaan daya yang hemat sangat penting karena banyak perangkat seperti sensor harus bekerja dalam jangka waktu lama tanpa sering mengganti atau mengisi ulang baterai. ESP32 dirancang untuk memiliki konsumsi daya rendah, sehingga sangat efisien untuk digunakan di lingkungan industri yang memerlukan operasi berkelanjutan [14].
4. Harga Terjangkau dan Mudah Diintegrasikan: Biaya rendah dari ESP32 serta kemudahan dalam mengintegrasikan sensor dan protokol komunikasi menjadikan perangkat ini sangat menarik bagi pengembang IoT. Hal ini mengurangi pengeluaran investasi untuk perangkat keras di awal proyek.

Googlesheet berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran tingkat pencemaran udara dalam bentuk nilai maupun grafik yang akan ditampilkan secara real time [15]. Penelitian tentang monitoring pencemaran udara telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya sebagai berikut. Fuadi, Ahmad (Fuadi, Ahmad. 2021) telah meneliti tentang kadar gas karbon monoksida pada ruangan berdasarkan tingkat kualitas udara dalam keadaan baik maupun tidak. Pengukuran tingkat pencemaran udara ini menggunakan sensor gas polutan MQ 7 yang terpasang pada NodeMCU ESP8266. Sensor MQ 7 digunakan untuk mengetahui kadar gas karbon monoksida pada ruangan yang telah ditentukan. Sistem dirancang untuk dapat memberikan notifikasi status tingkat pencemaran udara melalui aplikasi blynk yang terhubung dengan WiFi hotspot android berdasarkan kualitas udara dalam kategori normal, sedang, dan bahaya. Penelitian ini memiliki kekurangan, yaitu sistem belum bisa menampilkan grafik data pengukuran tingkat pencemaran udara per jam, hari, maupun per minggu menggunakan widget chart secara dinamis.

Prasetyo, dkk (Prasetyo, dkk. 2021) telah melakukan penelitian pemantauan kualitas udara yang mengacu pada pengukuran gas CO dan O<sub>3</sub> di suatu tempat menggunakan platform IoT. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran warga akan pentingnya kualitas udara yang baik dan meningkatkan kewaspadaan akan bahayanya pencemaran udara. Penelitian ini merancang alat pemantau kualitas udara secara portable sehingga alat ukur kualitas udara ini dapat dibawa kemana saja dengan mudah. Sistem pengukuran kualitas udara berdasarkan Air Pollution Standard Index (ISPU). Penelitian ini terbukti sangat bermanfaat dengan menggunakan Sensor MQ-7 untuk mengukur gas karbon monoksida (CO) dan MQ131 untuk mengukur gas Ozon (O<sub>3</sub>). Hasil pengukuran alat perancangan mampu menghasilkan persentase kesalahan Karbon Monoksida (CO) yaitu 1,25 dan Ozon (O<sub>3</sub>) 0,2. Penelitian ini memiliki kekurangan, yaitu alat belum terdapat sensor debu yang digunakan untuk mengukur partikel debu di udara (PM10).

Anugrah, Pandu (Anugrah, Pandu. 2019) telah melakukan penelitian tentang pemantau tingkat pencemaran udara yang dapat diakses oleh masyarakat kapan pun, sehingga masyarakat dapat mengambil keputusan atau mengantisipasi agar tidak berpergian ke daerah yang tercemar udaranya. Metode penelitian yang digunakan adalah Internet of Things (IoT) yaitu semua perangkat terkoneksi dengan internet. Dari hasil penelitian sistem mampu menampilkan data berupa grafik dan dapat menyimpan riwayat data pengukuran sebelumnya. Data pengukuran dapat di download dengan format .csv. Alat ukur telah dibandingkan dengan alat ukur milik P3E Sumatera – KLHK dan menghasilkan persen (%) error rata-rata untuk gas O<sub>3</sub> adalah 3,22 % dan akurasi sebesar 96,78%.

Persen (%) error rata-rata untuk PM10 adalah 27,85 % dan akurasi sebesar 72,15 %. Informasi data pengukuran tingkat pencemaran udara dapat diakses 24 jam oleh masyarakat dengan selang waktu pengiriman data 30 menit. Penelitian ini memiliki kekurangan, yaitu pengiriman data tingkat pencemaran udara pada website yang diakses masyarakat membutuhkan waktu yang cukup lama.

Simorangkir, Febriyana (Simorangkir, Febriyana. 2017) telah meneliti kadar gas Karbon Dioksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) pada suatu taman wilayah. Beberapa sensor gas polutan yang digunakan seperti Sensor MQ-7 yang berfungsi untuk mengukur kadar gas CO (Karbon Monoksida) dan sensor MQ-135 untuk mengukur kadar gas NO<sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida). Pada penelitian ini, pemantauan udara dapat dipantau melalui website yang menggunakan automatic monitoring system dengan membangun rangkaian hardware yang terdiri dari ESP32 R3 sebagai unit pusat control. Hasil pengujian yang dilakukan dari kedua sensor tersebut yaitu prosentase error sensor MQ-7 sebesar 4.021% dan sensor MQ-135 sebesar 8.1% sehingga prosentase error data masukan pemantau kualitas udara sebesar 6.06% dapat dikatakan pemantauan kualitas udara ini cukup akurat karena simpangan error masih cukup rendah. Penelitian ini memiliki kekurangan, yaitu sistem hanya bisa mengukur gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> serta tidak ada notifikasi peringatan jika udara dalam kategori berbahaya kepada pengelola taman wilayah.

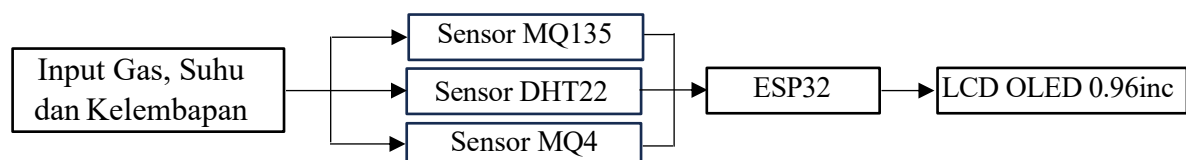
Atmaja, Nadya (Atmaja, Nadya. 2018) telah melakukan penelitian tingkat pencemaran udara di Terminal Arjosari dengan mengacu data pengukuran kadar gas CO dan kadar gas NO<sub>2</sub>. Pemberian informasi kualitas udara sangat diperlukan pada Terminal Arjosari, guna untuk membantu mengetahui informasi- informasi keadan udara yang ditampilkan pada website secara realtime dan juga sms gateway sebagai notifikasi secara tidak langsung, yang dikirim beberapa jam sekali. ESP32 R3 sebagai unit pusat control, sensor MQ-7 yang berfungsi untuk mengukur kadar gas CO (Karbon Monoksida), sensor MQ-135 untuk mengukur kadar gas NO<sub>2</sub> (Nitrogen Dioksida), serta sebuah website monitoring sebagai hasil keluaran untuk mengetahui kualitas udara pada Terminal Arjosari. Pada penelitian ini masih memilki kekurangan, yaitu kadar gas yang diukur hanya Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis memberikan solusi dengan merancang alat untuk penelitian dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Area Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Berbasis Internet Of Things". Perancangan alat ini bertujuan untuk memonitoring tingkat pencemaran udara dan memberikan informasi kualitas udara di area pengelolaan limbah rumah sakit yang dapat diakses menggunakan internet dengan platform Internet of Things.

## Metode Penelitian

Metode penelitian adalah cara-cara atau perencanaan penulis dalam melakukan penelitiannya guna menghasilkan sebuah karya tulis ilmiah yang dapat dipertanggung jawabkan hasilnya. Metode penelitian sangat menentukan kualitas hasil sebuah penelitian.

Berikut adalah blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1.

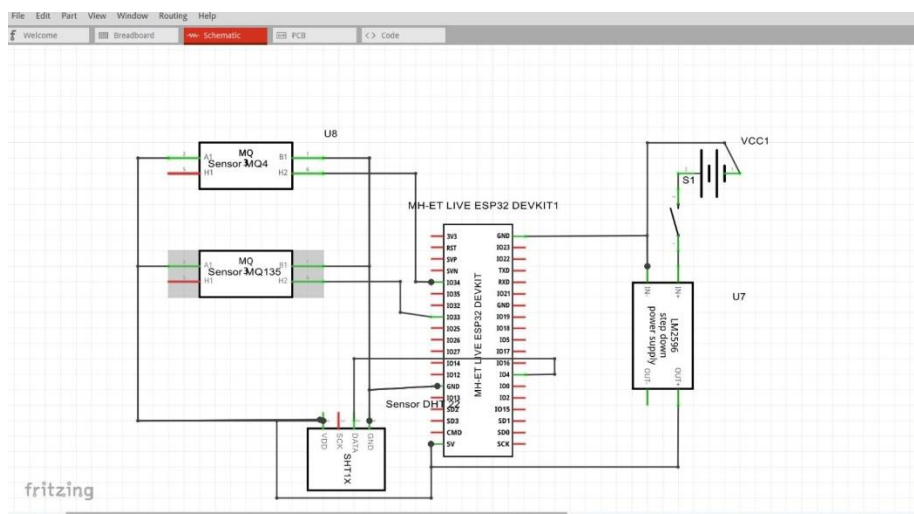


**Gambar 1. Blok Diagram**

Keterangan Blok Diagram :

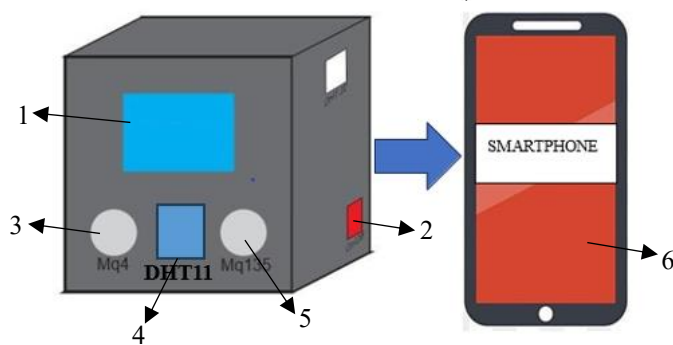
Masukan pada alat monitoring berupa suhu, kelembapan, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan PM<sub>2,5</sub>. Masukan

kemudian akan dideteksi oleh sensor DHT22, MQ-136, MQ-4, MQ-7 dan DHT22. Sensor akan mengirimkan data berupa data analog (MQ-136, MQ-4 dan MQ-7) dan digital (DHT22) ke mikrokontroler NodeMCU ESP32. Data yang diterima oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD OLED 2.4 dan data logger menggunakan Web Server secara realtime..



**Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan**

Pada rangkaian keseluruhan ini terdiri dari ESP32 sebagai pengolah data yang terhubung dengan rangkaian LCD OLED sebagai penampil dari hasil pembacaan Sensor Gas MQ4 DAN MQ135. Tegangan dari baterai 3,7 lalu dihubungkan dengan modul DC to DC Stepup pada menjadi 5V, 5 volt dari modul DC to DC Step Up dihubungkan pada 5 volt ESP32 sebagai tegangan input ESP32, Sensor Gas MQ4 DAN MQ135 digunakan untuk mengukur gas. Berikut adalah gambar dari Desain Alat yang ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Desain Alat**

Keterangan Gambar

1. LCD OLED 0,96
2. Tombol saklar ON / OFF
3. Sensor Gas Mq4
4. Sensor DHT11
5. Sensor Gas MQ 135
6. Smartphone

## Hasil dan Pembahasan

Pengujian fungsi alat bertujuan untuk membuktikan kebenaran dengan akurat dari hasil perencanaan rangkaian. Keakuratan pengujian fungsi alat didapatkan penulis dari data yang diambil penulis pada titik pengukuran yang sudah ditentukan, kemudian akan dianalisa.

## Hasil Pengukuran dan Analisa Data

Hasil pengukuran adalah data tentang pengukuran dari masing masing titik pengukuran yang telah ditentukan untuk mengetahui apakah hasil rangkaian yang dibuat sesuai dengan hasil perencanaan. Sedangkan dalam analisa data bertujuan untuk membandingkan hasil teori dengan hasil ukur pada titik pengukuran dan untuk mengetahui besarnya persentase kesalahan pada rangkaian yang dibuat.

### Analisa Hasil Titik Pengukuran 1

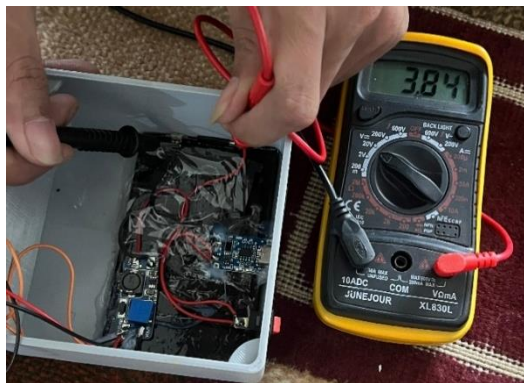
Pengukuran pada output sumber daya (Baterai), Dimana pengukuran tegangan menggunakan multimeter. Berikut hasil dari pengukuran output dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah :

**Tabel 1 Hasil Titik Pengukuran 1**

Pengukuran ke 1	Hasil Pengukuran	Referensi
	3,84 V	3,7 V
	3,84 V	
	3,84 V	
<b>Rata-rata</b>	3,84 V	

Berikut perhitungan persentase kesalahan.

$$(\%) \text{ Kesalahan} = \left[ \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right] \times 100\% = \left[ \frac{3,84 - 3,7}{3,7} \right] \times 100\% = 3,7 \%$$



**Gambar 4 Pengukuran Tegangan Baterai**

### Pembahasan

Dari hasil pengukuran tabel 1 tersebut di dapatkan hasil dengan kesalahan sebesar 9%. Karena output Baterai 5V, sehingga output Baterai diatas masih batas normal.

### Analisa Hasil Titik Pengukuran 2

Pengukuran pada modul DC to DC Step Up yang terhubung dengan ESP32, Dimana pengukuran tegangan menggunakan multimeter. Berikut hasil dari pengukuran input mikrokontroler dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah:

**Tabel 2 Hasil Titik Pengukuran 2**

TP 2	Hasil Pengukuran	Referensi
1	4.67	
2	4.67	5V
3	4.67	
Rata Rata	4.67	

Berikut perhitungan persentase kesalahan.

$$(\%) \text{ Kesalahan} = \left( \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right) \times 100\% = \left( \frac{4,67 - 5}{5} \right) \times 100\% = 6,6 \%$$



Gambar 5 Pengukuran pada Modul DC to DC Step Up

### Pembahasan

Dari hasil pengukuran tabel 2 tersebut di dapatkan hasil dengan kesalahan sebesar 6,6%. Karena tegangan pada modul DC to DC Step Up yang terhubung dengan ESP32 masih dalam batas normal.

### Analisa Hasil Titik Pengukuran 3

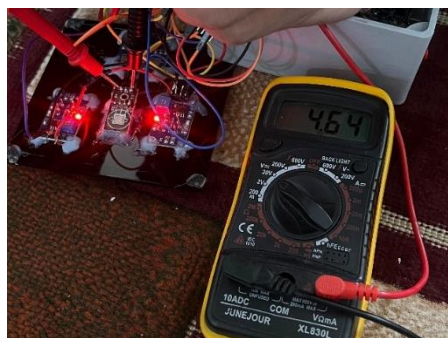
Pengukuran pada input DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban, Dimana pengukuran tegangan menggunakan multimeter. Berikut hasil dari pengukuran input DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah:

Tabel 3 Hasil Pengukuran output Driver Motor L298 N

TP 3	Hasil Pengukuran	Referensi
1	4,64 V	5 V
2	4,64 V	
3	4,64 V	
Rata Rata	4,64 V	

Berikut perhitungan persentase kesalahan.

$$(\%) \text{ Kesalahan} = \left( \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right) \times 100\% = \left( \frac{4,64 - 5}{5} \right) \times 100\% 6,8\%$$



Gambar 6 Pengukuran pada Input DHT11 Sensor Suhu dan Kelembaban

### Pembahasan

Dari hasil pengukuran tabel 3 tersebut di dapatkan hasil dengan kesalahan sebesar 6,8%. Karena tegangan pada input DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban masih dalam batas normal.

### Analisa Hasil Titik Pengukuran 4 dan titik pengukuran 5

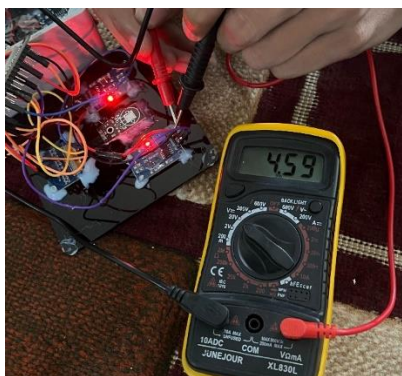
Pengukuran pada input sensor gas Mq4 dan titik pengukuran 5 mendapatkan data yang sama karena berasal dari sumber yang sama yaitu output modul DC to DC converter, Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital mendapatkan hasil pada Tabel 4

**Tabel 4 Hasil Pengukuran Tegangan Heater DC**

TP 4	Hasil Pengukuran	Referensi
1	4,58	5V
2	4,58	
3	4,58	
Rata Rata	4,58	

Berikut perhitungan persentase kesalahan

$$(\%) \text{ Kesalahan} = \left( \frac{\text{hasil ukur} - \text{hasil teori}}{\text{hasil teori}} \right) \times 100\% = \left( \frac{458 - 5}{5} \right) \times 100\% = 8 \%$$



**Gambar 7. Pengukuran pada Input Sensor Gas Mq4 dan Mq135**

**Pembahasan**

Dari hasil pengukuran tabel 4 tersebut di dapatkan hasil dengan kesalahan sebesar 8%. Pengukuran pada input sensor gas Mq4 dan titik pengukuran 5 mendapatkan data yang sama karena berasal dari sumber yang sama yaitu output modul DC to DC converter, Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter digital.

**Analisa Data Sensor Gas Mq4 dan Mq 135**

Pengukuran Gas Methana, CO, Alcohol dan NH<sub>4</sub> dilakukan di sekitar Instalasi Pengolahan Air Limbah di lingkungan rumah sakit di Jawa Tengah. Hasil pengukuran yang terekam dalam Google Sheet diperlihatkan sebagai berikut:

**Tabel 5 Hasil Pengukuran Gas**

Pengukuran gas di Ruangan satuan ppm						Pengukuran gas di IPALL satuan ppm					
T	RH	Methane	CO	Alcohol	NH <sub>4</sub>	T	RH	Methane	CO	Alcohol	NH <sub>4</sub>
25.80	54.00	46	3	1	4	27.10	81.00	200	16142	1449	1473
25.80	53.00	39	3	1	4	27.10	81.00	261	31944	2867	2911
25.80	53.00	39	3	1	4	27.30	81.00	154	12382	1112	1131
25.80	53.00	54	3	1	4	27.60	81.00	169	7905	710	723
25.80	52.00	39	3	1	4	27.60	81.00	147	5229	470	480
25.80	52.00	46	3	1	4	27.60	81.00	135	5619	505	515
25.80	51.00	31	3	1	4	27.60	81.00	142	3006	270	277

Pengukuran gas di Ruangan satuan ppm						Pengukuran gas di IPALL satuan ppm					
T	RH	Methane	CO	Alcohol	NH <sub>4</sub>	T	RH	Methane	CO	Alcohol	NH <sub>4</sub>
25.80	52.00	39	3	1	4	27.60	81.00	123	2585	233	239
25.80	51.00	35	3	1	4	27.30	81.00	154	12382	1112	1131
25,8	52,3	40,9	3,0	1,0	4,0	27,4	81,0	165,0	10799,3	969,8	986,7
Rata- Rata											

## Pembahasan

Berdasarkan tabel diatas Hasil dengan waktu pengoperasian secara realtime, Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas Methane menunjukkan rata-rata 40,9 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Methane naik menjadi 81,0 hal ini dikarenakan gas methana di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas CO menunjukkan rata-rata 3 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas CO naik menjadi 165 ppm hal ini dikarenakan gas CO di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas Alkohol menunjukkan rata-rata 1 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Alkohol naik menjadi 969 ppm hal ini dikarenakan gas Alkohol di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas NH<sub>4</sub> menunjukkan rata-rata 4 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Methane naik menjadi 986 ppm hal ini dikarenakan gas methana di sekitar area IPALL mengalami peningkatan.

## Kesimpulan

Setelah melalui berbagai proses dalam pembuatan rancang bangun suction pump mulai dari studi literatur, perencanaan, percobaan, sampai pendataan data, dan analisis data, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan dan Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Area Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Berbasis Internet Of Thing. Rangkaian LCD OLED 0,96 digunakan untuk menampilkan hasil Sensor Gas MQ4 DAN MQ135 dan rangkaian DHT11 digunakan untuk memberikan data suhu dan kelembaban sekitar. Data suhu, kelembaban, Gas Methana, Gas Alkohol, Gas CO, dan Gas NH<sub>4</sub> dikirimkan melalui ESP32 ke smartphone dan dikirimkan langsung ke Google Sheet secara realtime, sehingga akusisi data dari alat ini tersimpan dengan baik.
2. Hasil analisis data dari pengukuran output Baterai adalah 3,84 V, persen kesalahan 3,7 %. Pengukuran output modul Step Up DC to DC converter yang terhubung dengan ESP32 sebesar 4,67V, pesen kesalahan 6,6 %. Pengukuran input sensor suhu dan kelembaban DHT11 sebesar 4,64 V dengan persentase error 6,8 %. Pengukuran tegangan input ke Sensor Gas Mq4 dan Mq7 didapatkan data rata-rata sebesar 4,68V. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas Methane menunjukkan rata-rata 40,9 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Methane naik menjadi 81,0 hal ini dikarenakan gas methana di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas CO menunjukkan rata-rata 3 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas CO naik menjadi 165 ppm hal ini dikarenakan gas CO di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas Alkohol menunjukkan rata-rata 1 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Alkohol naik menjadi 969 ppm hal ini dikarenakan gas Alkohol di sekitar area IPALL mengalami peningkatan. Pengukuran di dalam ruangan menunjukkan Gas NH<sub>4</sub> menunjukkan rata-rata 4 ppm, kemudian di sekitat area IPALL Gas Methane naik menjadi 986 ppm hal ini dikarenakan gas methana di sekitar area IPALL mengalami peningkatan

**Daftar Pustaka**

- [1] Dwita, A., & Zamroni, M. (2021). Tanggung Jawab Hukum Jasa pengangkut Limbah dalam Pengelolaan Limbah Medis Padat Rumah Sakit. *Jurnal Hukum dan Etika Kesehatan*, 1(1), 46-64.
- [2] Masito, A. (2018). Analisis risiko kualitas udara ambien (NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub>) dan gangguan pernapasan pada masyarakat di Wilayah Kalianak Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 394-401.
- [3] Khasanah, M., Ningsih, S. S., & Khusnah, L. Pemanfaatan Limbah Pampers Sebagai Media Tanam Kacang Tanah. *Ipa Abad 21: Inovasi Riset Ipa Dan Pembelajarannya*, 49.
- [4] Muhammad, T., Astuti, S. W., Al Djazairi, M. A., & Rahmawati, N. (2023). Peran Pemerintah Dalam Menangani Pencemaran Udara Berdasarkan Undang-undang Lingkungan Hidup. *Journal Of Islamic And Law Studies*, 7(2), 150-162.
- [5] Widodo, S., Amin, M. M., Sutrisman, A., & Putra, A. A. (2017). Rancang bangun alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di dalam ruangan berbasis mikrokontroler. *Pseudocode*, 4(2), 105-119.
- [6] Basri, S., Mallapiang, F., Ibrahim, I. A., Syarfaini, S., Ibrahim, H., & Basri, S. (2017). Gambaran konsentrasi karbon monoksida dalam darah (COHb) pada mekanik general repair servis dan suku cadang dealer otomotif Makassar. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(3), 177-184.
- [7] Firmansyah, D. (2020). Identifikasi Gugus Hidroksil dan Karbonil dalam Senyawa Organik Pada Tanaman Daun Nanas. *SainsTech Innovation Journal*, 3(1), 49-53.
- [8] Kurniasih, D., & Yuldi, M. H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. *Kimia Dasar: Sebuah Pendekatan Praktis dan Penyelesaian Soal Secara Komprehensif*, 93.
- [9] Turangan, L. T., Riogilang, H., & Supit, C. J. (2024). Pengaruh Penggunaan Eco-Enzyme Terhadap Kualitas Udara Di Tempat Pembuangan Akhir Sumompo Kota Manado. *TEKNO*, 22(88), 1389-1397.
- [10] Putra, Y. P. (2024). Sistem Pendeteksian Dan Penanganan Kebocoran Gas Lpg Berbasis IOT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 10(2).
- [11] Zaini, M., Safrudin, S., & Bachrudin, M. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 139-150.
- [12] Raisnaldi, Y. A., Purwantoro, P., & Nurkifli, E. H. (2024). Prototype Sistem Kamera Menggunakan Eps32 Dengan Modul Kamera Ov2640 Yang Berintegrasi Firebase. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 7930-7936.
- [13] Prayogi, N. R., Siradjuddin, I., & Radianto, D. (2024). Implementasi Modular Papan Kontroler Swerve Drive: Komunikasi SPI. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 3(3), 116-124.
- [14] Fathoni, M. (2024). Optimasi Sistem Kontrol PID untuk Perangkat IoT Berdaya Rendah. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (online)*, 5(1), 657-661.
- [15] Fikri, Y., Sumardi, S., & Setiyono, B. (2013). Sistem monitoring kualitas udara berbasis mikrokontroler atmega 8535 dengan komunikasi protokol TCP