



## Rancang Bangun Alat Thermohygrometer Dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik

Junior Yudha Pamungkas<sup>1</sup>, Weni Hastuti<sup>2</sup>, Setyo Adi Nugroho<sup>3</sup>, Eko Nugroho<sup>4</sup>  
<sup>1-4</sup>Institut Teknologi Sains dan Kesehatan PKU Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Jl. Tulang Bawang Sel. No.26, Kadipiro, Banjarsari, Surakarta 57136

Korespondensi penulis: [2020050030@students.itspku.ac.id](mailto:2020050030@students.itspku.ac.id)

**Abstract.** *Thermohygrometer is a tool that functions to measure room temperature and humidity. The temperature and humidity in the operating room are set in the temperature range of 19°C - 24°C and humidity of 45% - 65%. Therefore, the operating room requires a good temperature and humidity control system to avoid damage to electronic components due to temperatures that are too low and humidity that is too high which causes corrosion. In addition, the influence of high concentrations of medical gas accelerates the rate of corrosion. Because medical gas consisting of CO and CO<sub>2</sub> gas contains oxygen as an oxidant gas. Therefore, a tool such as a Thermohygrometer is needed but equipped with a medical gas reading. This tool aims to read the conditions of temperature, humidity, and medical gas (CO & CO<sub>2</sub>) so that it can be analyzed by Electromedics to regulate the air conditioning system. In addition, a Thermohygrometer system is made to allow data access from outside the operating room. The Thermohygrometer tool is made using two sensors, namely DHT22 and MQ-135. DHT22 is used to read temperature and humidity parameters, while the MQ-135 sensor is used to read the concentration of CO and CO<sub>2</sub> gases. The reading results are displayed on the I2C LCD screen. The components are integrated with ESP32 for data processing and as hardware that can be used to create a WiFi connection system. WiFi connectivity is needed to send data to the Blynk application. Testing by calibrating the DHT22 sensor and testing the suitability of the MQ-135 sensor with the gas analyzer. Based on the tests carried out, the temperature error value was obtained at -0.02% and humidity at -0.02%. While the error value was 0.32% for CO gas and -0.16% for CO<sub>2</sub> gas. The error value is still within the tolerance limit*

**Keywords:** *Thermohygrometer, DHT-22, MQ-135, ESP32, Blynk*

**Abstrak.** *Thermohygrometer merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan. Suhu dan kelembaban di ruang operasi diatur dalam rentang suhu 19°C - 24°C dan kelembaban 45% - 65%. Maka ruang operasi diperlukan sistem pengontrolan suhu dan kelembaban yang baik guna menghindari komponen-komponen elektronika mengalami kerusakan, akibat dari suhu terlalu rendah dan kelembaban terlalu tinggi yang menyebabkan korosi. Selain itu, pengaruh tingginya konsentrasi gas medik mempercepat laju korosi. Dikarenakan gas medik yang terdiri dari gas CO dan CO<sub>2</sub> mengandung unsur oksigen sebagai gas oksidan. Maka dari itu, diperlukan alat seperti Thermohygrometer namun dilengkapi dengan pembacaan gas medik. Alat ini bertujuan membaca kondisi suhu, kelembaban, dan gas medik (CO & CO<sub>2</sub>) sehingga dapat dilakukan analisa oleh Elektromedis untuk mengatur sistem tata udaranya. Selain itu dibuat sistem Thermohygrometer untuk memungkinkan akses data dari luar ruang operasi. Alat Thermohygrometer dibuat menggunakan dua sensor yaitu DHT22 dan MQ-135. DHT22 digunakan untuk membaca parameter suhu dan kelembaban, sedangkan sensor MQ-135 digunakan untuk membaca konsentrasi gas CO dan CO<sub>2</sub>. Hasil pembacaan ditampilkan pada layar LCD I2C. Komponen diintegrasikan dengan ESP32 untuk pengolahan data dan sebagai hardware yang dapat dibuat sistem koneksi ke WiFi. Konektivitas WiFi diperlukan untuk pengiriman data ke aplikasi Blynk. Pengujian dengan cara kalibrasi sensor DHT22 dan uji kesesuaian sensor MQ-135 dengan gas analyzer. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh nilai error suhu sebesar -0,02 % dan kelembaban -0,02 %. Sedangkan nilai error 0,32 % untuk gas CO dan -0,16 % untuk gas CO<sub>2</sub>. Nilai error masih dalam batas toleransi*

**Kata kunci:** *Thermohygrometer, DHT22, MQ-135, ESP32, Blynk*

### 1. LATAR BELAKANG

Dalam lingkungan rumah sakit, alat elektromedik sangat rentan terhadap kerusakan jika tidak ditempatkan dan disimpan dengan benar. Salah satu faktor utama yang menyebabkan kerusakan adalah paparan suhu rendah dari AC atau perubahan suhu yang tidak stabil. Selain itu, pengaturan kelembaban yang tepat diperlukan untuk mencegah pertumbuhan spora jamur dan bakteri di udara, serta untuk menghindari kondensasi pada komponen sirkuit. (Amalia dkk,

2020). Ruang operasi adalah area dengan risiko tinggi untuk penularan penyakit dan infeksi. Sebagai salah satu unit atau instalasi di rumah sakit, ruang operasi termasuk dalam zona dengan risiko sangat tinggi terjadinya infeksi nosokomial (Chairunnisa dkk, 2022). Infeksi nosokomial di rumah sakit, terutama infeksi luka operasi, adalah infeksi yang terjadi akibat prosedur bedah di ruang operasi. Di ruang operasi, tindakan pembedahan dilakukan pada tubuh. Untuk mengurangi risiko infeksi, penting untuk melakukan pengendalian ruang operasi dengan efektif (Noya dkk, 2020).

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit mengatur suhu dan kelembaban di ruang operasi dalam rentang suhu  $19^{\circ}\text{C}$  -  $24^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban 45% - 65% (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004). Sistem pengontrolan suhu dan kelembaban yang baik akan menghindari komponen-komponen elektronika mengalami kerusakan, akibat dari suhu terlalu dingin dan kelembaban terlalu tinggi yang menyebabkan korosi (Niam dkk, 2021). Selain itu, menurut Pedoman Teknis Ruang Operasi Rumah sakit terdapat beberapa gas medik yang digunakan di dalam ruang operasi diantaranya vakum, udara tekan medik, oksigen, dan nitrous oksida yang disalurkan dengan pemipaan ke ruang operasi (Kementerian Kesehatan RI, 2012b). Di dalam Pedoman Teknis Prasarana Rumah Sakit Sistem Instalasi Gas dan Vakum Medik apabila terdapat istilah gas medik atau vakum, ketentuan tersebut berlaku bagi semua sistem perpipaan untuk oksigen, nitrous oksida, udara medik, karbon dioksida, helium, nitrogen, vakum medik untuk pembedahan, pembuangan sisa gas anestesi, dan campuran dari gas-gas tersebut (Kementerian Kesehatan RI, 2012a)

Dipaparkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 4 Tahun 2016 tentang Penggunaan Gas Medik dan Vakum Medik pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan bahwa gas medik mencakup bergabai jenis seperti oksigen ( $\text{O}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), helium (He), argon (Ar), udara tekan medik, dan udara tekan alat (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2016).

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### **Thermohygrometer**

alat yang digunakan untuk mengukur suhu (thermo) dan kelembaban udara (hygro) secara bersamaan. Alat ini banyak digunakan di berbagai bidang seperti pertanian, penyimpanan makanan, laboratorium, dan lingkungan rumah tangga untuk memantau kenyamanan udara. Prinsip kerja thermohygrometer bergantung pada sensor suhu dan sensor kelembaban. Salah satu sensor yang umum digunakan dalam perangkat digital adalah DHT22.

Sensor ini mengubah kondisi fisik (seperti perubahan kelembaban atau suhu) menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler atau langsung ditampilkan di layar LCD. Thermohygrometer modern biasanya dilengkapi dengan layar digital yang menampilkan pembacaan suhu dalam °C atau °F dan kelembaban dalam persentase (%RH). Beberapa model juga menyimpan riwayat data atau memberikan peringatan ketika suhu atau kelembaban keluar dari batas normal. Penggunaan thermohygrometer sangat penting di ruang penyimpanan seperti gudang obat, ruang server, maupun ruangan rumah kaca, karena suhu dan kelembaban yang tidak terkontrol dapat merusak barang atau tanaman. Dalam sistem berbasis IoT, thermohygrometer dapat diintegrasikan dengan ESP32 untuk memantau kondisi udara secara real-time melalui internet.

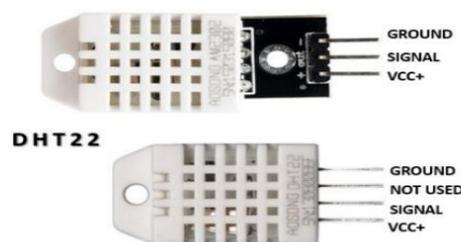


**Gambar 1. IC DHT22**

Sumber: <https://www.damarus.com/?product=tfa-thermo-hygrometer-digital>

### **IC DHT-22 Sebagai Sensor suhu**

DHT22 adalah sensor digital kelembaban dan suhu relatif. Sensor DHT22 menggunakan kapasitor dan *thermistor* untuk mengukur udara disekitarnya dan keluar sinyal pada pin data. DHT22 diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik, dinilai dari respon proses akuisisi data yang cepat dan ukurannya yang minimalis, serta dengan harga relatif murah (TP Satya, UY Oktiawati dan I Fahrurrozi, 2020)



**Gambar 2. IC DHT22**

Sumber: W.Wajiran dan SD Riskiono (2020)

**Sensor MQ-135** bekerja dengan menggunakan **material semikonduktor SnO<sub>2</sub> (Timah Dioksida)** yang resistansinya berubah ketika terkena gas. Ketika gas terdeteksi, nilai resistansi sensor berubah, dan perubahan ini dikonversi menjadi tegangan output analog.

Rumus dasar yang digunakan untuk mengetahui nilai resistansi sensor terhadap gas:

$$R_s = \frac{(V_c - V_{RL}) \times R_L}{V_{RL}}$$

Keterangan:

- $R_s$  = Resistansi sensor
- $V_c$  = Tegangan catu (biasanya 5V)
- $V_{RL}$  = Tegangan output sensor (dibaca oleh ADC)
- $R_L$  = Resistor beban (biasanya 10k $\Omega$ ) Untuk analisis konsentrasi gas (ppm), diperlukan kalibrasi terhadap  $R_s/R_o$  di mana:
- $R_o$  adalah resistansi sensor dalam udara bersih

### LM7805

LM7805 adalah sebuah linear voltage regulator dari keluarga 78xx yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan DC input menjadi tegangan output tetap sebesar 5 Volt. Angka “05” menunjukkan bahwa regulator ini mengeluarkan tegangan tetap sebesar 5V. Regulator ini sangat umum digunakan dalam rangkaian elektronika untuk memberikan tegangan stabil ke komponen yang sensitif terhadap fluktuasi daya, seperti sensor dan mikrokontroler.

### Blynk

adalah sebuah platform Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau perangkat elektronik dari jarak jauh melalui smartphone. Dengan Blynk, kita bisa menghubungkan mikrokontroler seperti ESP32, ESP8266, Arduino, dan lainnya ke internet, kemudian mengatur dan membaca data melalui aplikasi mobile berbasis Android atau iOS.

Blynk terdiri dari tiga komponen utama:

#### – **Blynk App (Mobile Interface)**

Aplikasi ini berfungsi sebagai antarmuka pengguna. Di dalamnya, kita bisa membuat dashboard interaktif dengan berbagai widget seperti tombol, slider, grafik, dan display.

#### – **Blynk Server (Cloud atau Local)**

Server ini menangani komunikasi antara perangkat dan aplikasi. Blynk menyediakan cloud server gratis, namun juga memungkinkan pengguna menjalankan **server lokal** sendiri untuk fleksibilitas dan keamanan lebih tinggi.

#### – **Blynk Library (Firmware)**

Kode yang ditanamkan pada mikrokontroler (seperti ESP32), yang menghubungkan perangkat fisik dengan server Blynk dan aplikasi mobile.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), yang berarti Penelitian dan Pengembangan, sebuah pendekatan yang digunakan untuk menciptakan suatu produk dan menguji keefektifannya. Research and Development (R&D) melibatkan proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Penelitian pengembangan ini berperan sebagai jembatan yang menghubungkan penelitian dasar dengan penelitian terapan, atau sebaliknya (Okpatrioka, 2023).

Metode penelitian dan pengembangan (R&D) telah diterapkan secara luas dalam berbagai bidang Ilmu Alam dan Teknik. Hampir semua produk teknologi modern, termasuk alat-alat elektronik, kendaraan bermotor, pesawat terbang, kapal laut, senjata, obat-obatan, alat-alat kedokteran, serta bangunan gedung bertingkat, dikembangkan melalui proses penelitian dan pengembangan. Metode ini juga mencakup pengembangan alat-alat rumah tangga yang canggih. Dengan menggunakan pendekatan R&D, para profesional dapat merancang, menguji, dan menyempurnakan produk-produk tersebut, memastikan bahwa mereka memenuhi standar kualitas dan kinerja yang diinginkan (Sugiono, 2013).

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan 3 tahap sesuai dengan kondisi parameter yang dibutuhkan.

#### Kalibrasi

Kalibrasi adalah proses yang digunakan untuk mengukur akurasi dan nilai dari suatu alat dengan cara membandingkannya dengan instrumen referensi tertentu. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk menghasilkan nilai yang dapat digunakan sebagai bukti bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik dan laik digunakan (Firdaus dkk, 2020). Kalibrasi dilakukan juga untuk menentukan bahwa alat yang dibuat oleh penulis laik atau tidak jika digunakan dalam ruang operasi. Kalibrasi menggunakan *Climate Chamber* dengan merk Biobase untuk membuat penghawaan yang terkontrol. Hasil data dari laporan kalibrasi sebagai berikut :

**Tabel 1 Hasil Pengukuran Suhu**

Kalibrator	Alat Penelitian	Koreksi	Ketidakpastian	Toleransi	Status
20	20,80	0,80	0,55		Laik
25	25,40	0,40	0,68	±10%	Laik
30	30,60	0,60	0,68		Laik
35	35,60	0,60	0,68		Laik

**Tabel 2 Hasil Pengukuran Kelembaban**

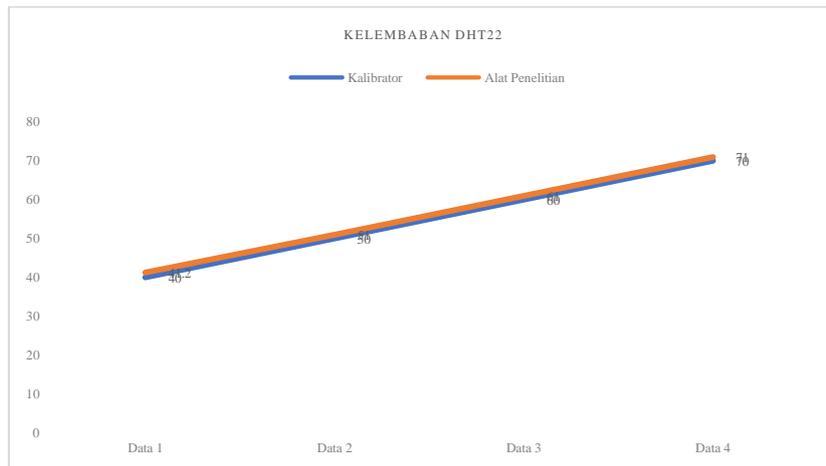
Kalibrator	Alat Penelitian	Koreksi	Ketidakpastian	Toleransi	Status
40	41,2	1,2	0,72	±10%	Laik
50	51,0	1,0	0,58		Laik
60	61,0	1,0	0,58		Laik
70	71,0	1,0	0,58		Laik

Berdasarkan data yang telah didapat, kemudian di tampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisa:



**Gambar 3 Grafik Suhu**

Sumber: Peneliti (2024)



**Gambar 4 Grafik Kelembaban**

Sumber: Peneliti (2024)

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan data pengukuran suhu (°C). Garis biru menunjukkan data yang dibaca alat kalibrator, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat *Thermohyrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik. Data pengukuran diambil di 4 titik yang berbeda yaitu 20 °C, 25 °C, 30 °C dan 35 °C sesuai Metode Kementerian Kesehatan No. MK : 049 - 2018. Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan data pengukuran

kelembaban (%). Garis biru merupakan data yang dibaca alat kalibrator, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik. Data pengukuran diambil di 4 titik yang berbeda yaitu 40%, 50%, 60% dan 70% sesuai Metode Kementerian Kesehatan No. MK : 049 - 2018. Pada pengambilan data diperoleh nilai pembacaan alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik dengan nilai suhu secara berurutan adalah  $(20,8 \pm 0,8)^{\circ}\text{C}$ ,  $(25,4 \pm 0,4)^{\circ}\text{C}$ ,  $(30,6 \pm 0,6)^{\circ}\text{C}$  dan  $(35,6 \pm 0,6)^{\circ}\text{C}$ . Nilai kelembaban secara berurutan  $(41,2 \pm 1,2) \%$ ,  $(51,0 \pm 1,0) \%$ ,  $(61,0 \pm 1,0) \%$  dan  $(71,0 \pm 1,0) \%$ . Sesuai dengan faktor cakupan ( $k = 2$ ) nilai ketidakpastian alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik laik digunakan karena nilai dibawah faktor cakupan ( $k = 2$ ). Selain itu prosedur yang dilaksanakan sesuai dengan Metode Kementerian Kesehatan No. MK : 049 – 2018 menyatakan alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik laik pakai dengan batas toleransi nilai koreksi sebesar  $\pm 10\%$ .

### Uji Kesesuaian

Sensor MQ-135 dilakukan uji kesesuaian dengan membandingkan alat Gas Analyzer merk CAPELEC di balai uji emisi Dishub Klaten. Satuan yang terbaca di gas analyzer adalah persen volume (%) sehingga perlu dilakukan koversi ke satuan PPM (da Lopez, 2019).

$$PPM = volume (\%) \times 10000$$

Sumber emisi gas yang digunakan berasal dari emisi motor Nmax keluran 2018. Saat pengujian motor dalam kondisi menyala tanpa menaikkan pegangan gas, sehingga pembakaran pada mesin normal dan konstan. Pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali. Selanjutnya dimasukkan ke rumus nilai error. Berikut data hasil pembacaan gas ada uji emisi:

**Tabel 3 Konsentrasi Gas CO**

Pembacaan Gas Analyzer (% volume)	Konversi (PPM)	Pembacaan Alat (PPM)	Selisih (PPM)	Nilai Error (%)
0.10	1000	635.47	364.53	0.36
0.10	1000	326.99	673.01	0.67
0.10	1000	783.73	216.27	0.22
0.10	1000	601.51	398.49	0.40
0.10	1000	634.60	365.40	0.37
0.10	1000	305.61	694.39	0.69
0.10	1000	524.25	475.75	0.48
0.10	1000	433.17	566.83	0.57
0.10	1000	783.73	216.27	0.22
0.10	1000	601.51	398.49	0.40
0.10	1000	639.69	360.31	0.36
0.09	900	635.34	264.66	0.29

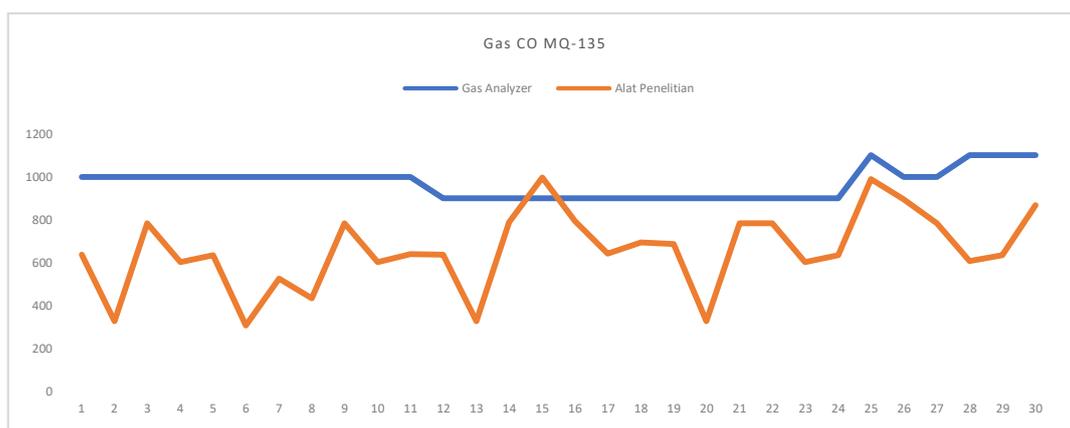
0.09	900	326.88	573.12	0.64
0.09	900	787.73	112.27	0.12
0.09	900	996.71	-96.71	-0.11
0.09	900	793.73	106.27	0.12
0.09	900	641.51	258.49	0.29
0.09	900	694.60	205.40	0.23
0.09	900	685.47	214.53	0.24
0.09	900	325.99	574.01	0.64
0.09	900	781.73	118.27	0.13
0.09	900	783.73	116.27	0.13
0.09	900	601.51	298.49	0.33
0.09	900	634.60	265.40	0.29
0.11	1100	989.56	110.44	0.10
0.10	1000	893.45	106.55	0.11
0.10	1000	783.75	216.25	0.22
0.11	1100	607.51	492.49	0.45
0.11	1100	634.68	465.32	0.42

**Tabel 4 Konsentrasi Gas CO2**

Pembacaan Gas Analyzer (% volume)	Konversi (PPM)	Pembacaan Alat (PPM)	Selisih (PPM)	Nilai Error (%)
2.10	21000	17594	3406	0.16
2.20	22000	22885	-885	-0.04
2.10	21000	24261	-3261	-0.16
2.20	22000	23631	-1631	-0.07
2.20	22000	22358	-358	-0.02
2.20	22000	20376	1624	0.07
2.20	22000	21876	124	0.01
2.20	22000	20823	1177	0.05
2.20	22000	20376	1624	0.07
2.20	22000	19968	2032	0.09
2.20	22000	20435	1565	0.07
2.20	22000	19456	2544	0.12
2.20	22000	18421	3579	0.16
2.20	22000	22003	-3	0.00
2.20	22000	26968	-4968	-0.23
2.10	21000	26968	-5968	-0.28
2.10	21000	29125	-8125	-0.39
2.10	21000	29781	-8781	-0.42
2.10	21000	27694	-6694	-0.32
2.10	21000	29560	-8560	-0.41

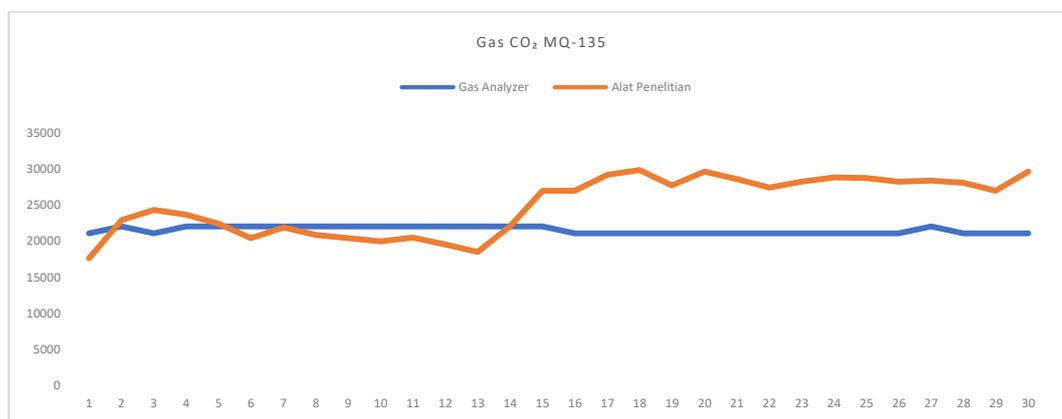
2.10	21000	28568	-7568	-0.36
2.10	21000	27409	-6409	-0.31
2.10	21000	28148	-7148	-0.34
2.10	21000	28781	-7781	-0.37
2.10	21000	28696	-7696	-0.37
2.10	21000	28190	-7190	-0.34
2.20	22000	28316	-6316	-0.29
2.10	21000	28065	-7065	-0.34
2.10	21000	26968	-5968	-0.28

Berdasarkan data yang telah didapat, kemudian di tampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisa:



**Gambar 5 Grafik Gas CO**

Sumber: Peneliti (2024)



**Gambar 6 Grafik CO2**

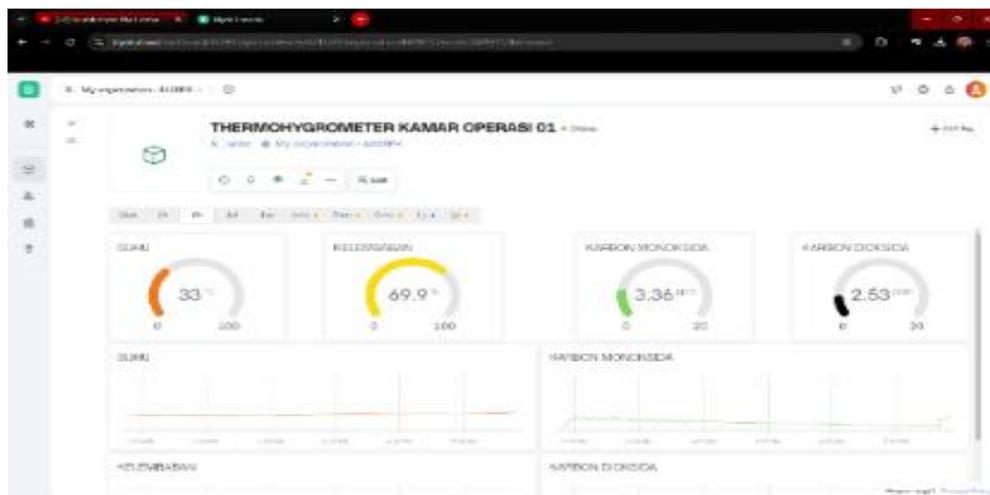
Sumber: Peneliti (2024)

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan data pengukuran gas CO (PPM). garis biru menunjukkan data yang dibaca alat Gas Analyer, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat Thermohyrometer dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik. Sedangkan pada Gambar 6 menunjukkan data pengukuran gas CO<sub>2</sub> (PPM). garis biru menunjukkan data yang dibaca alat Gas Analyer, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat Thermohyrometer dilengkapi

Sensor Pemantauan Gas Medik. Pada pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali. Diperoleh pembacaan alat Thermohyrometer dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik nilai selisih yang bervariasi, untuk gas CO nilai terbesar 694,39 PPM dari alat ukur standar dan nilai terkecil -96,71 PPM. Sedangkan gas CO<sub>2</sub> nilai terbesar -8560 PPM dan nilai terkecil -3 PPM. Selisih nilai yang besar dikarenakan kemampuan sensor MQ-135 efektif pembacaan konsentrasi gas dalam rentang kerja antara 0-200 PPM, sedangkan pengujian dilakukan dengan kondisi tetap 900-1100 PPM untuk gas CO dan 21000-22000 PPM untuk gas CO<sub>2</sub>. Dari percobaan diatas pembacaan sensor MQ-135 menunjukkan nilai error (%) kumulatif sebesar 0,3 % untuk gas CO dan 0,16 % untuk gas CO<sub>2</sub>.

### Uji Fungsi Konektivitas WiFi

Uji fungsi konektivitas alat ke WiFi. Alat dirancang dengan mengautentifikasi token WiFi sebelum menjalankan sistem dan pembacaan sensor. Alat didesain dapat tertaut dengan WiFi yang diatur pada portal WiFi Manager. Portal WiFi Manager berfungsi untuk memasukkan nama SSID dan password yang ingin dikoneksikan ke ESP32. Setelah koneksi WiFi berhasil, alat diletakkan di Kamar Operasi Laboratorium Anestesi ITSPKU Muhammadiyah, selanjutnya dilakukan uji fungsi pengiriman data sensor ke aplikasi *Blynk*.



Gambar 7 Uji Fungsi Konektivitas WiFi

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari perancangan alat *Thermohyrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik adalah sebagai berikut: Perancangan alat *Thermohyrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik untuk Ruang Operasi berhasil dilakukan dengan menggunakan sensor DHT22 sebagai parameter suhu & kelembaban dan sensor MQ-135 sebagai parameter gas CO & CO<sub>2</sub>. Pembuatan sistem pengiriman data berhasil dilakukan melalui koneksi WiFi yang terautentifikasi dari pengaturan WIFI MANAGER. Dan data dapat ditampilkan pada aplikasi *Blynk* secara *real-time*. Penggunaan sensor DHT22 dan MQ-135 tervalidasi dengan baik dan

laik digunakan pada Ruang Operasi (IBS) berdasarkan Sertifikat Kalibrasi dari PT Mitra Kalibrasi Selaras. Sedangkan sensor MQ-135 berdasarkan nilai error 0,32 % untuk gas CO dan 0,16 % untuk gas CO<sub>2</sub>. Nilai error masih dalam batas toleransi yaitu  $\pm 5$

## DAFTAR REFERENSI

- Alfatih, A. (2021). *Buku panduan praktis penelitian deskriptif kuantitatif*. Unsri Press.
- Amalia, A., Fajrin, H. R., & Wibowo, A. S. (2020). Thermohyrometer dengan penyimpanan data untuk monitoring kamar bedah. *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2(1), 41–44. <https://doi.org/10.18196/mt.020115>
- Billy, I. K. R., Wartana, I. M., & Muljanto, W. P. (2024). Rancang bangun sistem kontrol dan data akuisisi pada motor induksi 3 fasa menggunakan perangkat lunak LabVIEW dan USB NI-DAQ 6008. *Magnetika*, 8(1), 121–133.
- Chairunnisa, A., Subarno, & Emi, E. (2022). Studi angka kuman udara di Instalasi Bedah Sentral (IBS) RSUD Dr. Moewardi. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 5, 1329–1337.
- da Lopez, F. Y. (2019). Konsentrasi larutan dalam satuan kimia. In *Experience chemistry* (pp. 1–3). Politeknik Pertanian Negeri Kupang.
- Efendi, D., & Pramurti, A. R. (2019). Pengukuran pH dan pengaruh gas terlarut di dalam air terhadap laju korosi pada air injeksi untuk keperluan water flooding. *Prosiding TAU SNAR-TEK*, 202–207.
- Firdaus, A. J. A., Pramono, D., & Purnomo, W. (2020). Pengembangan sistem informasi UPT Kalibrasi Dinas Kesehatan Kabupaten Malang berbasis web. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, dan Edukasi Sistem Informasi*, 1(1), 23–34. <https://doi.org/10.25126/justsi.v1i1.3>
- Kementerian Kesehatan RI. (2012a). *Pedoman teknis prasarana rumah sakit sistem instalasi gas dan vakum medik*. KEMENKES RI. [https://www.academia.edu/6463035/Pedoman Teknis Sistem Instalasi Gas Medik dan Vakum Medik Rumah Sakit](https://www.academia.edu/6463035/Pedoman_Teknis_Sistem_Instalasi_Gas_Medik_dan_Vakum_Medik_Rumah_Sakit)
- Kementerian Kesehatan RI. (2012b). *Pedoman teknis ruang operasi rumah sakit*. KEMENKES RI.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2004). *Persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit*. Dalam *Pedoman pelaksanaan promosi kesehatan di puskesmas*.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Penggunaan gas medik dan vakum medik pada fasilitas pelayanan kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Niam, B., Darpona, R., & Irdanto, R. (2021). Pengembangan deteksi suhu dan kelembaban laboratorium elektronika dengan menggunakan metode fuzzy logic [Politeknik Harapan Bersama]. <http://eprints.poltektegal.ac.id/id/eprint/997>

- Noya, L. Y. J., W., N. E., & Joko, T. (2020). Pemeriksaan kualitas udara ruang yang berhubungan dengan angka kuman di ruang operasi Rumah Sakit Sumber Hidup di Kota Ambon 2020. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(5), 679–687. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/27927/24404>
- Nugroho, S. A. (2023). Perancangan alat monitoring gas medis N<sub>2</sub>O berbasis ESP32. *Jurnal Ilmiah dan Karya Mahasiswa*, 1(2), 180–189.
- Okpatrioka. (2023). *Research and development (R & D): Penelitian yang inovatif dalam pendidikan*. Dharma Acariya Nusantara, 1(1), 86–100.
- Putra, R. I., Husada, M. G., & Hermana, A. N. (2022). Pengukuran dan perolehan error pada sistem monitoring kondisi ban kendaraan. *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*.
- Siahaan, M. M. L. (2023). Pembiasan tanpa desflurane di kamar operasi: Langkah kecil untuk perbaikan iklim dari RS Premier Bintaro. *PERSI*.
- Sugiono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R & D*. Alfabeta.
- Wajiran, W., & Riskiono, S. D. (2020). Desain IoT untuk smart kumbang dengan ThingSpeak dan NodeMCU.