



## Rancang Bangun *Thermohygrometer* dengan Sensor Pemantauan Gas Medik Berbasis *Internet Of Things (IoT)*

Setyo Adi Nugroho<sup>1\*</sup>, Yuli Siyamto<sup>2</sup>, Fitri Anindyahadi<sup>3</sup>, Mahardira Dewantara<sup>4</sup>  
<sup>1-4</sup> ITS PKU Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Tulang Bawang Sel. No.26, Kadipiro, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57136

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

**Abstract:** A thermohygrometer is a device used to measure temperature, humidity, and the concentration of medical gases (CO and CO<sub>2</sub>) in operating rooms. The temperature in an operating room should be maintained between 19°C and 24°C, and humidity between 45% and 65%, to prevent damage to electronic equipment and corrosion caused by low temperatures and high humidity. Medical gases containing oxygen can also accelerate corrosion. Therefore, a thermohygrometer equipped with medical gas readings is necessary. This study aims to design a thermohygrometer using a DHT22 sensor to measure temperature and humidity and an MQ-135 sensor to detect CO and CO<sub>2</sub> gases. The obtained data is displayed on an I2C LCD screen and sent to the Blynk application via WiFi using an ESP32. Testing shows a temperature reading error of -0.02%, humidity -0.02%, CO gas 0.32%, and CO<sub>2</sub> -0.16%, all within a tolerance limit of ±5%.

**Keyword:** Thermohygrometer, DHT22, MQ-135, ESP32, Blynk

**Abstrak:** Thermohygrometer adalah alat untuk mengukur suhu, kelembaban, dan konsentrasi gas medik (CO dan CO<sub>2</sub>) di ruang operasi. Suhu ruang operasi harus dijaga antara 19°C - 24°C dan kelembaban 45% - 65% untuk mencegah kerusakan elektronik dan korosi akibat suhu rendah dan kelembaban tinggi. Gas medik yang mengandung oksigen juga dapat mempercepat korosi. Maka dari itu, diperlukan alat seperti Thermohygrometer namun dilengkapi dengan pembacaan gas medik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat Thermohygrometer dengan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas CO dan CO<sub>2</sub>. Data yang diperoleh ditampilkan pada layar LCD I2C dan dikirim ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi menggunakan ESP32. Pengujian menunjukkan kesalahan pembacaan suhu -0,02%, kelembaban -0,02%, gas CO 0,32%, dan CO<sub>2</sub> -0,16%, yang masih dalam batas toleransi ±5%.

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

### 1. PENDAHULUAN

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 kelembapan 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, 2012)

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).

Berdasarkan Kemenkes Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit menjelaskan mengenai indeks kadar gas dan bahan berbahaya dalam udara ruang rumah sakit. Gas karbon monoksida (CO) konsentrasi maksimal  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) konsentrasi maksimal 1 ppm, gas nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) konsentrasi maksimal  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gas sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) konsentrasi maksimal  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan gas formaldehida (HCHO) konsentrasi maksimal  $100 \text{g}/\text{m}^3$  (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2004). Karena beberapa gas medik memiliki rantai karbon-oksigen menjadikan gas medik sebagai gas oksidan, sehingga kadar gas medik yang tinggi di dalam ruang operasi akan mempercepat alat mengalami korosi (Efendi & Pramurti, 2019). Selain itu evaluasi ketat terhadap emisi gas menjadi penting untuk mengurangi efek rumah kaca di lingkungan (Siahaan, 2023).

Berdasarkan permasalahan di atas, diperlukan alat yang dapat memantau ruang operasi untuk mengetahui kondisi suhu, kelembaban, dan kandungan gas medik. Saat ini, pemantauan suhu dan kelembaban dalam ruang operasi menggunakan alat yang bernama *Thermohygrometer*.

Alat ini mampu membaca suhu dan kelembaban dengan baik, namun tidak dapat membaca kadar gas medik. Selain itu, alat ini memiliki kelemahan yaitu tidak dapat melakukan pemantauan di luar ruangan. Pentingnya pemantauan ruang operasi secara berkala untuk mengetahui kondisi aktual suhu, kelembaban, dan kadar gas medik serta melakukan analisa ruang operasi.

Hal ini penting untuk memperpanjang usia pakai alat dan komponen-komponen papan sirkuit peralatan elektromedik. Berdasarkan uraian di atas, penulis mendapatkan ide untuk merancang alat *Thermohygrometer* yang dilengkapi dengan sensor gas medik. Sehingga alat ini dapat digunakan untuk analisa kadar gas yang ada di dalam ruang operasi. Alat ini menggunakan beberapa sensor, yaitu DHT-22 untuk mengetahui nilai suhu dan kelembaban, sensor MQ-135 untuk mengetahui kadar gas CO<sub>2</sub> dan kadar gas CO. Seluruh sensor diintegrasikan menggunakan NodeMCU ESP32 sehingga dapat dikoneksikan dengan aplikasi Blynk untuk menampilkan data dari jarak jauh.

### **Suhu**

Suhu adalah ukuran yang menunjukkan tingkat dingin atau panas dari suatu kondisi atau objek. Satuan suhu yang umum digunakan di Indonesia adalah derajat Celcius (Sarsinta, 2008). Suhu adalah ukuran energi kinetik rata-rata molekul dalam suatu benda. Sensor suhu, atau temperature sensors, adalah komponen dalam perangkat elektronik yang berfungsi mengubah tingkat panas menjadi sinyal listrik, untuk mendeteksi perubahan suhu pada suatu objek. Selain itu, sensor suhu termasuk dalam kelompok transduser yang mampu mengukur jumlah energi panas pada sebuah objek dan mendeteksinya secara digital (Riyanto, 2009). Suhu adalah besaran dimana mampu menyatakan derajat panas dingin dari sebuah benda dan sarana yang dipergunakan dalam melangsungkan pengukuran terhadap suhu adalah termometer (Mahardika dkk, 2023).

### **Kelembaban**

Kelembaban udara mengacu pada kadar kelembaban di udara, yang disebabkan oleh adanya uap air di atmosfer. (Edar & Wahyuni, 2021). Kelembaban adalah tingkat kondisi udara yang basah akibat adanya uap air. Tingkat kejenuhan dipengaruhi oleh suhu. Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air jenuh, kondensasi dapat terjadi. Secara matematis, kelembaban relatif (RH) dinyatakan sebagai persentase yang membandingkan tekanan uap air

parsial dengan tekanan uap air jenuh. Kelembaban dapat didefinisikan dalam beberapa cara, namun *Relative Humidity* (RH) sering digunakan untuk menggambarkan kelembaban (Mahardika dkk, 2023).

### **Karbondioksida (CO<sup>2</sup>)**

Karbon dioksida, atau zat asam arang, adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom karbon. Pada suhu dan tekanan standar, karbon dioksida berbentuk gas. (Nurliah, 2020). CO<sub>2</sub> adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan memiliki sifat sedikit asam (Nilasari & Jacky, 2023). Karbon terdapat di udara dalam bentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), di air sebagai CO<sub>2</sub> terlarut, dan di tanah sebagai karbonat dalam bebatuan. Karbon adalah elemen dasar dalam semua bentuk kehidupan. Senyawa-senyawa ini dikonsumsi oleh makhluk hidup, sehingga karbon berpindah dari tanaman ke hewan dan kembali ke udara sebagai gas (Gobel dkk, 2019).

### **Karbon Monoksida (CO)**

Gas karbon monoksida biasanya terbentuk selama proses pembakaran. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau, tidak memiliki rasa, dan lebih ringan dibandingkan udara. Karbon monoksida dapat mengikat hemoglobin dalam darah, yang mengurangi kapasitas darah untuk mengikat oksigen (Rambing dkk, 2022).

Ketika karbon monoksida (CO) masuk ke dalam tubuh manusia dapat mengurangi jumlah oksigen yang masuk ke dalam tubuh dan jaringan. Ketika gas karbon monoksida (CO) tercampur dengan hemoglobin (Hb) yang terdapat dalam darah menjadi COHb (karbon monoksida hemoglobin). Kemudian, jika terjadi peningkatan hingga melebihi 5% (dalam udara karbon monoksida 40 ppm) maka akan terjadi keracunan dalam darah sehingga akan menjadi penghalang fungsi mengalirnya oksigen dalam darah manusia (Wardoyo, 2016).

### **Thermohygrometer**

*Thermohygrometer* merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan (Amalia dkk, 2020). *Thermohygrometer* adalah suatu alat dengan dua indikator pembacaan, yaitu *thermometer* dan *hygrometer* (Simanjuntak dkk, 2021).



**Gambar 1.** Thermohygrometer

(Simanjuntak dkk, 2021)

Pengukuran suhu dan kelembaban ruangan umumnya dilakukan menggunakan *thermohygrometer*. *Thermohygrometer* adalah alat yang mengukur dua parameter fisik sekaligus, yaitu suhu (*thermometer*) dan kelembaban (*hygrometer*) (Puspasari dkk, 2020).

### NodeMCU ESP32

DOIT ESP32 DevKit V1 merupakan salah satu modul pengembangan yang dibuat oleh DOIT untuk mengevaluasi modul ESP-WROOM-32. Terdapat pembaruan pada mikrokontroler ESP32 yang dapat mendukung *WiFi*, *Bluetooth*, Ethernet dengan daya rendah terintegrasi dalam satu chip (Espressif Systems, 2021).



**Gambar 2.** NodeMCU ESP32

(Datasheet Espressif System, 2021)

### Sensor DHT22

DHT22 atau AM2302 adalah sensor suhu dan kelembaban yang bentuknya mirip dengan DHT11, tetapi DHT22 memiliki kelebihan, termasuk rentang pengukuran suhu yang lebih luas. DHT22 mampu mengukur suhu antara  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $80^{\circ}\text{C}$ , sedangkan DHT11 hanya dapat mengukur suhu dalam rentang  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $50^{\circ}\text{C}$  (Simanjuntak dkk, 2021). AM2302/DHT22 menghasilkan sinyal digital yang sudah terkalibrasi. Sensor ini menggunakan teknik pengumpulan sinyal digital eksklusif dengan teknologi penginderaan suhu dan kelembaban, yang memastikan keandalan dan stabilitasnya. Elemen penginderaan terhubung dengan chip komputer 8-bit tunggal (Liu, 2016).



**Gambar 3.** Sensor DHT22  
(*Datasheet Liu, 2016*)

### **Sensor MQ-135**

Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang peka terhadap senyawa seperti NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alkohol, benzena, asap (CO), CO<sub>2</sub>, dan lainnya. Sistem kerja sensor ini dengan mendeteksi perubahan nilai resistansi (analog) saat terpapar gas. Dengan daya tahan yang baik, sensor ini ideal untuk mendeteksi bahaya polusi karena praktis dan hemat energi. Sensitivitas sensor ini ditentukan oleh nilai resistansi MQ-135 yang bervariasi tergantung pada konsentrasi gas yang terdeteksi.

Oleh karena itu, penyesuaian sensitivitas sangat penting saat menggunakan sensor ini. Selain itu, kalibrasi diperlukan untuk mendeteksi konsentrasi NH<sub>3</sub> sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar 50 ppm di udara (Rosa dkk, 2020).



**Gambar 4.** Sensor MQ-135  
(*Datasheet Hanwei Elektronik, 2013*)

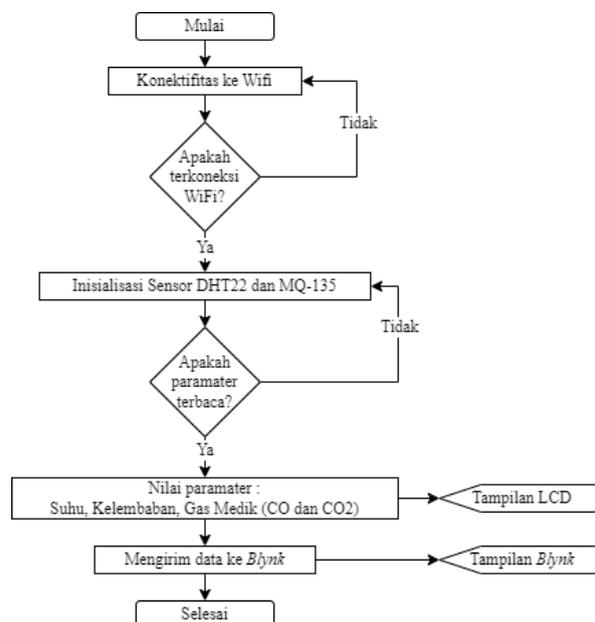
## **2. METODE**

Perancangan penelitian dirancang untuk memberikan arah yang jelas dan target yang ingin dicapai dalam penelitian. Dengan tujuan yang jelas dan terarah, penelitian dapat selaras dengan proses pemecahan masalah yang efektif. 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).

Dalam penelitian ini, penulis merancang sebuah alat Thermohygrometer yang dilengkapi dengan Sensor Pemantauan Gas Medik khusus untuk digunakan di ruang operasi. Untuk memastikan bahwa alat ini efektif dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, penulis perlu melakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi kinerjanya. Proses pembuatan alat, mulai dari tahap awal perancangan hingga bentuk fisik yang siap digunakan, mengikuti alur penelitian yang telah direncanakan dengan cermat.

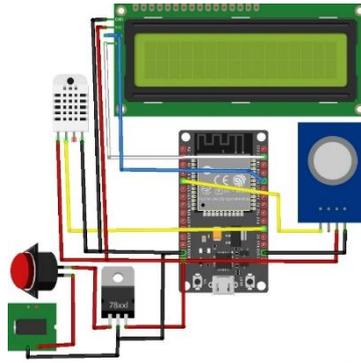
Alur penelitian ini mencakup setiap langkah penting dalam pengembangan alat, mulai dari desain awal, pembuatan prototipe, hingga pengujian dan evaluasi efektivitas alat:



**Gambar 5.** Flowchart Sistem Program

### Sinkronisasi Prototipe dan Kode Program

Setelah membuat kode program, penulis meng-*upload* kode program ke *board* ESP32 yang sudah terintegrasi dengan sensor DHT22 dan MQ-135 serta LCD I2C. Kode program berjalan sesuai dengan *flowchart*. Data pembacaan sensor bisa ditampilkan di LCD I2C dan di aplikasi *Blynk*. Dari hasil percobaan kode program yang dilakukan, ditemukan konfigurasi terbaik untuk blok diagram alat yang dibuat dengan penambahan komponen pendukung, tertera pada gambar berikut:



**Gambar 6.** Blok Diagram Alat

Sinkronisasi kode program dengan komponen telah dilakukan, selanjutnya menempatkan komponen pada PCB *Layout* yang sudah dibuat di aplikasi *EasyEDA*. Kegiatan dilakukan dengan alat solder dan tenol agar komponen menempel pada PCB dengan kuat. Dimensi prototipe sudah terbentuk, selanjutnya prototipe di susun pada bodi yang sudah dibuat menggunakan aplikasi *Autodesk Fusion 360*. Tahap sinkronisasi selesai, prototipe yang dibuat sudah menjadi alat. Selanjutnya dilakukan pengujian dan penelitian untuk mendapatkan nilai error.

### **Uji Fungsi Alat**

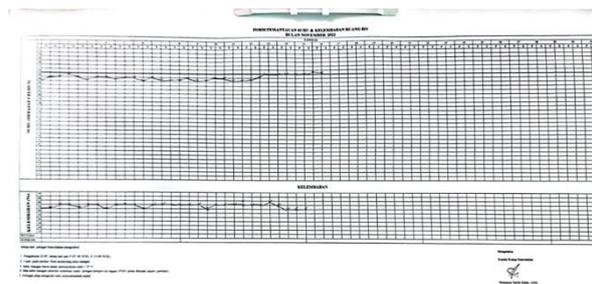
Sinkronisasi berhasil, prototipe terbentuk menjadi alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik (CO dan CO<sub>2</sub>). Kemudian, dilakukan uji fungsi dari tombol, *DC Jack*, pembacaan sensor DHT22, sensor MQ-135, dan menampilkan data ke LCD serta dapat mengirimkan data ke aplikasi *Blynk*.

Uji fungsi sensor DHT22 menggunakan solder panas yang didekatkan ke sensor. Selanjutnya di diperhatikan nilai pembacaan dengan perubahan yang signifikan. Uji fungsi tidak diperlukan pencatatan karena berdasarkan literatur lain sensor DHT22 sudah menunjukkan nilai yang baik dengan nilai error rata-rata berdasarkan rata-rata jumlah error hasil pengukuran antara sensor DHT22 dengan *thermohygrometer* standar menghasilkan nilai 2,99% untuk kelembaban dan -2,31% untuk suhu (Puspasari dkk, 2020). Maka dari itu uji fungsi melangkah ke tahap yang lebih akurat yaitu dengan kalibrasi di perusahaan kalibrasi yang tertelusur. Penjelasan kalibrasi akan dipaparkan poin keenam.

Pengujian sensor MQ-135 yang digunakan untuk pembacaan gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dilakukan dengan menyulutkan sumber asap rokok ke sensor. Emisi dari rokok yang sebagian besar gas karbon monoksida dan dioksida (Arifin & Rahman, 2024) dapat memicu sensitifitas sensor. Penyulutan rokok hanya memicu sensitifitas sensor, sehingga tidak bisa dilakukan pencatatan.

Selanjutnya dilakukan proses pengujian emisi di Dinas Perhubungan setempat, untuk membandingkan nilai pembacaan dari alat dengan gas analyzer saat uji emisi gas kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor juga penyebab emisi gas CO (Arifin & Rahman, 2024). Diambil data sebanyak 30, spesifikasi motor yang digunakan dengan bahan bakar bensin. Data yang didapat diformulasikan ke dalam nilai error.

Pengujian konektifitas WiFi dan pengiriman data ke aplikasi *Blynk*. Pengujian dilakukan dengan cara mengoperasikan alat *Thermohygrometer* dilengkapi Pemantauan Gas Medik di Ruang Operasi. Alat beroperasi selama 6 jam dan secara *real-time* mengirimkan data ke aplikasi *Blynk*. Selain itu, keluaran yang diharapkan pengiriman data ke aplikasi *Blynk* adalah grafik yang menunjukkan nilai suhu, kelembaban, konsentrasi CO, dan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Keluaran grafik berdasarkan pengalaman penulis melaksanakan PKL 2 di RS UNS, dimana user masih melakukan input grafik manual di kertas, dengan durasi input sesuai dengan pergantian jadwal kerja. Berikut contoh grafik manual di RS UNS:



**Gambar 7.** Grafik Suhu dan Kelembaban di Rumah Sakit

### Kalibrasi Alat

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 untuk memastikan alat yang dibuat oleh penulis sesuai dengan ketentuan dan standar yang berlaku untuk *Thermohygrometer* di ruang operasi. Parameter yang di kalibrasi hanya suhu dan kelembaban. Berdasarkan literatur yang lain sudah menunjukkan bahwa DHT22 memiliki nilai error yang kecil. Dan karena alat ini akan diaplikasikan ke ruang operasi maka perlu dilakukan kalibrasi untuk menjamin mutu dan pembacaan sensor yang akurat serta tertelusur (kalibrator berlisensi). Keluaran yang diharapkan adalah mendapatkan lembar sertifikat kalibrasi yang menyatakan alat laik pakai. Dan data hasil pembacaan masih dalam batas nilai toleransi sesuai standar yang berlaku.

### **Analisis Data**

Analisis data merupakan proses pengumpulan dan penyusunan data secara sistematis yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi. Proses ini melibatkan pengorganisasian data ke dalam kategori-kategori, pemecahan data menjadi unit-unit yang lebih kecil, melakukan sintesis, serta menyusunnya ke dalam pola-pola tertentu, hingga akhirnya menghasilkan kesimpulan yang mudah dipahami baik oleh peneliti sendiri maupun orang lain (Saleh, 2017).

Hasil data sensor DHT22 akan disajikan data grafik, hasil dari pengukuran yang terlampir pada laporan kalibrasi. Sedangkan hasil data sensor MQ-135 dihitung menggunakan nilai error dari formulasi yang dipaparkan pada Teknik Analisa Data. Dan data hasil pengujian konektifitas WiFi di tampilkan dari grafik data yang tersimpan di aplikasi *Blynk*.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Penelitian**

Pada alat yang dibuat oleh penulis terdapat perlakuan berbeda terhadap 2 sensor yang digunakan.

Sensor DHT22 dilakukan kalibrasi di PT. Mitra Kalibrasi Selaras sedangkan sensor MQ-135 dilakukan uji kesesuaian di Dinas Perhubungan Kabupaten Klaten. Sensor DHT22 dilakukan kalibrasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Puspasari, dkk nilai error DHT22 kecil sebesar 2,31 % untuk suhu dan 2,99 % untuk kelembaban (Puspasari 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. Dan penghawaan terukur dengan Termometer merk Fluke Biomedical. Berdasarkan Laporan Kalibrasi diperoleh hasil pengukuran:

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Suhu

| alibrator | Alat Penelitian | Koreksi | Ketidak-pastian | Status |
|-----------|-----------------|---------|-----------------|--------|
| 20        | 20,80           | 0,80    | 0,55            | Laik   |
| 25        | 25,40           | 0,40    | 0,68            | Laik   |
| 30        | 30,60           | 0,60    | 0,68            | Laik   |
| 35        | 35,60           | 0,60    | 0,68            | Laik   |

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Kelembapan

| alibrator | Alat Penelitian | Koreksi | Ketidak-pastian | Status |
|-----------|-----------------|---------|-----------------|--------|
| 40        | 41,2            | 1,2     | 0,72            | 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   |

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).

Sumber emisi gas yang digunakan berasal dari emisi sepeda motor 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.** Hasil Pengukuran 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            |

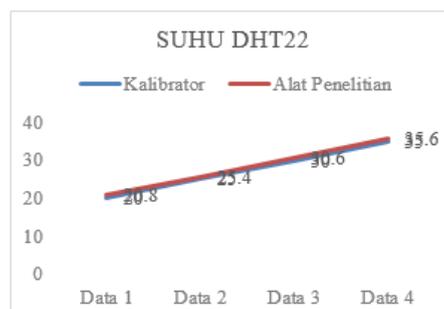
**Tabel 4.** Hasil Pengukuran Gas CO<sub>2</sub>

| 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           |

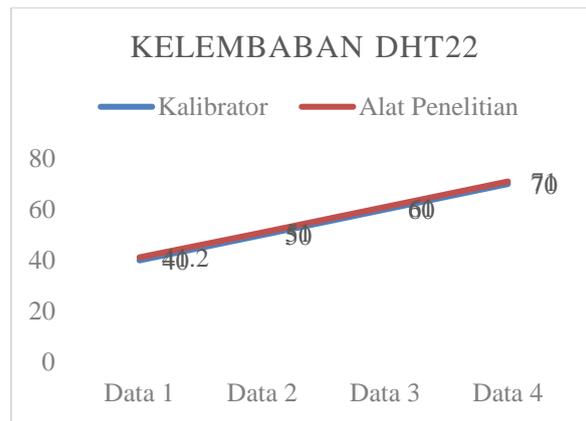
|      |       |       |      |     |
|------|-------|-------|------|-----|
| 2.10 | 21000 | 29781 | -    | -   |
|      |       |       | 8781 | 0.4 |
|      |       |       |      | 2   |
| 2.10 | 21000 | 27694 | -    | -   |
|      |       |       | 6694 | 0.3 |
|      |       |       |      | 2   |
| 2.10 | 21000 | 29560 | -    | -   |
|      |       |       | 8560 | 0.4 |
|      |       |       |      | 1   |
| 2.10 | 21000 | 28568 | -    | -   |
|      |       |       | 7568 | 0.3 |
|      |       |       |      | 6   |
| 2.10 | 21000 | 27409 | -    | -   |
|      |       |       | 6409 | 0.3 |
|      |       |       |      | 1   |
| 2.10 | 21000 | 28148 | -    | -   |
|      |       |       | 7148 | 0.3 |
|      |       |       |      | 4   |
| 2.10 | 21000 | 28781 | -    | -   |
|      |       |       | 7781 | 0.3 |
|      |       |       |      | 7   |
| 2.10 | 21000 | 28696 | -    | -   |
|      |       |       | 7696 | 0.3 |
|      |       |       |      | 7   |
| 2.10 | 21000 | 28190 | -    | -   |
|      |       |       | 7190 | 0.3 |
|      |       |       |      | 4   |
| 2.20 | 22000 | 28316 | -    | -   |
|      |       |       | 6316 | 0.2 |
|      |       |       |      | 9   |
| 2.10 | 21000 | 28065 | -    | -   |
|      |       |       | 7065 | 0.3 |
|      |       |       |      | 4   |
| 2.10 | 21000 | 26968 | -    | -   |
|      |       |       | 5968 | 0.2 |
|      |       |       |      | 8   |

## Pembahasan

Berdasarkan laporan kalibrasi yang telah diperoleh, dikonversi dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisa. Grafik garis data sensor DHT22:

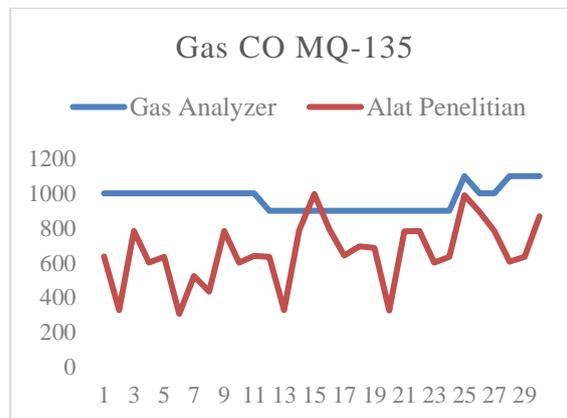


**Gambar 8.** Grafik Suhu DHT22

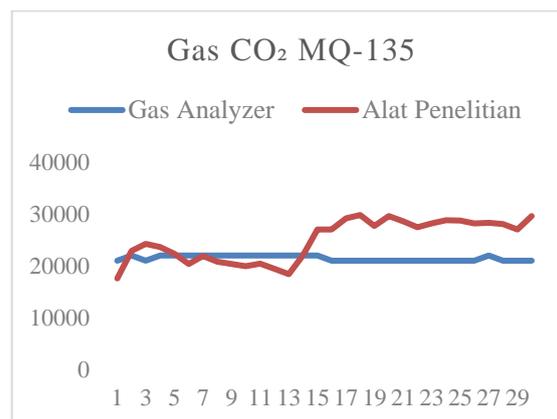


**Gambar 9.** Grafik Kelembaban DHT22

Berdasarkan data yang diperoleh di masukan pada formula rumus error, dikonversikan ke bentuk grafik. Diagram garis data sensor MQ-135:



**Gambar 10.** Grafik Gas CO MQ-135



**Gambar 11.** Grafik Gas CO<sup>2</sup> MQ-135

Dari hasil uji fungsi sensor DHT22 dan MQ-135 didapatkan nilai yang bervariasi. Terdapat nilai yang mendekati nilai kalibrator dan ada yang terpaut cukup jauh. Berikut penjelasan berdasarkan diagram yang dibuat. Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan data pengukuran suhu (°C). Garis biru menunjukkan 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 20 °C, 25 °C, 30 °C dan 35 °C sesuai Metode Kementerian Kesehatan No. MK : 049 - 2018.

Berdasarkan Gambar 9 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  $\pm 10\%$ .

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan data pengukuran gas CO (PPM). garis biru menunjukkan data yang dibaca alat Gas Analyser, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik. Sedangkan pada Gambar 11 menunjukkan data pengukuran gas CO<sub>2</sub> (PPM). garis biru menunjukkan data yang dibaca alat Gas Analyser, garis jingga merupakan data yang dibaca oleh alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik.

Pada pengambilan data dilakukan sebanyak 30 kali. Diperoleh pembacaan alat *Thermohygrometer* 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>.

#### **4. SIMPULAN**

Hasil pembahasan penelitian merancang alat *Thermohygrometer* dilengkapi Sensor Pemantauan Gas Medik diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Perancangan alat *Thermohygrometer* 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>.
- b. 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  $\pm 5\%$  (Billy, I Kadek Rangga, Wartana & Muljanto, 2024).

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*.

#### **REFERENSI**

- Abbas, F. N., Saadoon, I. M., Abdalrdha, Z. K., & Abud, E. N. (2020). Capable of gas sensor MQ-135 to monitor the air quality with Arduino Uno. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(10), 2955–2959. <https://doi.org/10.37624/IJERT/13.10.2020.2955-2959>
- Adam Tech. (2002). Dc power jacks. [WWW.ADAM-TECH.COM](http://WWW.ADAM-TECH.COM).
- Alfatih, A. (2021). *Buku panduan praktis penelitian deskriptif kuantitatif*. Unsri Press.
- Amalia, A., Fajrin, H. R., & Wibowo, A. S. (2020). Thermohygrometer dengan penyimpanan data untuk monitoring kamar bedah. *Medika Teknika: Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2(1), 41–44. <https://doi.org/10.18196/mt.020115>
- Arifin, F. R., & Rahman, N. A. (2024). Analisis pengaruh emisi zat karbon terhadap kerusakan kualitas udara dan pencemaran lingkungan. *Journal Innovation In Education*, 2(1), 278–287.
- Aris, Septiyadi, N., & Gustin, R. D. (2022). Dashboard monitoring temperatur ruangan server dengan sensor DHT22 berbasis ESP8266 pada Universitas Raharja. *ICIT Journal*, 8(2), 206–217.
- Billy, I Kadek Rangga, 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*, 08(01), 121–133.
- Cellevia. (2020). CLW-0909-W2E-EB. *Cellevia Power*.

- 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* (hal. 1–3). Politeknik Pertanian Negeri Kupang.
- Easyeda. (2022). EasyEDA tutorial. *EasyEDA Publisher*.  
<https://docs.easyeda.com/en/PCB/Import-Changes/index.html>
- Edar, A. N., & Wahyuni, A. (2021). Pengaruh suhu dan kelembaban terhadap rasio kelembaban dan entalpi (studi kasus: Gedung UNIFA Makassar). *LOSARI: Jurnal Arsitektur Kota dan Pemukiman*, 6(2), 102–114. <https://doi.org/10.33096/losari.v6i2.311>
- 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.
- Espressif Systems. (2021). DOIT Esp32 DevKit V1. *Espressif Publisher*.  
[https://roboeq.ir/files/id/4034/name/ESP32\\_MODULE.pdf](https://roboeq.ir/files/id/4034/name/ESP32_MODULE.pdf)
- Fikri, M. (2023). Merancang alat terapi infrared dengan pengontrol suhu otomatis menggunakan sensor AMG8833. *ITSPKU Muhammadiyah*.
- 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>
- Fuada, S., Kalisa, A. N. S., Shabrina, H., Sari, Y., Tsabita, N. A., Danuarteu, M. D., Carmelya, A. A., & Subairi, S. (2023). Studi EasyEDA sebagai alternatif simulator rangkaian listrik: Pengujian pada rangkaian mesh dan pembuktiannya dengan eksperimen aktual. *ALINIER Journal*, 4, 80–90. <https://doi.org/10.36040/alinierv4i2.6935>
- Gobel, I. W. J., Tondobala, L., & Sela, R. L. E. (2019). Sebaran spasial emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada kawasan pemukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado. *Jurnal Spasial*, 6(3), 628–636.
- Handson, T. (2020). I2C serial interface 1602 LCD module. In *Handsontec*.
- Hanwei Electronics. (2013). Technical data MQ-135 gas sensor. In *Hanwei Electronics*.
- Iskandar, D., Febbiansyah, A., & Firanda, L. L. (2021). Monitoring suhu dan kelembaban udara pada ruangan tertutup berbasis IoT pada PT. Thembuzz Berkat Alam. *Incomtech*, 10(2), 8–15.
- 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. In

*Kementerian Kesehatan RI. KEMENKES RI.*

Liu, T. (2016). Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22. In *Adafruit*.