

Perancangan Smart Laboratorium Berbasis Internet Of Thing Untuk Pemantauan Kondisi Dan Peringatan Bahaya Dini di Laboratorium Kimia

Satriananda¹, Nahar², Akmalul Fata³, Silvi Andriani⁴

^{1,2,4} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

^{1*}satriananda@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

³Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

Abstrak— Laboratorium kimia adalah suatu fasilitas atau ruang kerja yang dirancang khusus untuk melakukan eksperimen dan penelitian dalam bidang kimia. Laboratorium kimia berpotensi menimbulkan berbagai bahaya yang perlu diwaspadai dan dikelola dengan cermat agar tidak mengancam keselamatan dan kesehatan manusia termasuk peralatan di dalamnya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan suatu sistem pemantauan bahaya dan peringatan dini di laboratorium kimia berbasis Internet of Things dengan tujuan meningkatkan keselamatan personel dan mencegah kecelakaan atau insiden yang merugikan. Metode penelitian yang digunakan meliputi identifikasi bahaya potensial di laboratorium kimia, penilaian risiko, pemilihan sensor yang sesuai dan pengembangan sistem pemantauan otomatis. Implementasi sistem dilakukan dengan instalasi sensor-sensor yang telah dipilih, pengujian fungsional, dan deteksi bahaya dini. Evaluasi dilakukan dengan melakukan pengujian respons sistem terhadap situasi darurat yang disimulasikan, pengujian keandalan notifikasi peringatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat penting dalam bidang keselamatan laboratorium kimia. Sistem pemantauan bahaya dan peringatan dini yang telah dikembangkan dapat diadopsi oleh laboratorium kimia lainnya untuk meningkatkan standar keselamatan dan mencegah kecelakaan atau insiden yang tidak diinginkan.

Kata kunci— Bahaya, pemantauan, peringatan dini, sensor, Internet of Thing.

Abstract— Chemical laboratory is a facility or workspace specifically designed to conduct experiments and research in the field of chemistry. Chemical laboratories have the potential to cause various hazards that need to be watched out for and managed carefully so as not to threaten human safety and health, including the equipment in them. This study aims to develop a hazard monitoring and early warning system in a chemical laboratory based on the Internet of Things with the aim of improving personnel safety and preventing accidents or incidents that are detrimental. The research methods used include identifying potential hazards in chemical laboratories, risk assessments, selecting appropriate sensors, and developing an automatic monitoring system. System implementation is carried out by installing selected sensors, functional testing, and early hazard detection. Evaluation is carried out by testing the system's response to simulated emergency situations, testing the reliability of warning notifications. The results of this study are expected to provide important benefits in the field of chemical laboratory safety. The hazard monitoring and early warning system that has been developed can be adopted by other chemical laboratories to improve safety standards and prevent unwanted accidents or incidents.

Keywords— Hazard, monitoring, early warning, sensors, Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

Laboratorium kimia adalah suatu fasilitas atau ruang kerja yang dirancang khusus untuk melakukan eksperimen dan penelitian dalam bidang kimia. Tujuan pembangunan laboratorium kimia adalah untuk menyediakan lingkungan yang aman dan terkontrol di mana ilmuwan, peneliti, dan mahasiswa dapat melakukan percobaan kimia, analisis, dan penelitian [1].

Laboratorium kimia berpotensi menimbulkan berbagai bahaya yang perlu diwaspadai dan dikelola dengan cermat. Beberapa bahaya umum yang mungkin terjadi di laboratorium kimia antara lain pemaparan bahan kimia berbahaya seperti asam, basa, pelarut organik, dan senyawa toksik, selain itu juga bisa terjadi kebocoran gas atau ruang asam yang dapat mengakibatkan kontaminasi area kerja, sehingga meningkatkan risiko paparan melalui inhalasi, kontak kulit, kontak mata atau bahkan kebakaran dan ledakan di laboratorium.

Pemantauan kondisi laboratorium seperti suhu dan kelembaban udara serta pelaporannya saat ini masih dilakukan secara manual, sehingga dinilai kurang efektif dari segi waktu dan sistem pendataan. Laboratorium kimia harus memenuhi syarat-syarat keamanan seperti kestabilan suhu dan

kelembaban ruangan karena bahan-bahan atau zat-zat kimia sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembaban ruang [1].

Kualitas udara dalam ruangan yang buruk terutama disebabkan oleh ventilasi yang tidak memadai, sebagai konsekuensi dari tidak cukupnya udara luar ruangan yang masuk ke dalam untuk menetralkan udara yang sudah terkontaminasi dengan gas-gas berbahaya yang dapat mengakibatkan efek buruk bagi manusia. Apabila suhu dan kelembaban laboratorium tidak terjaga akan mengakibatkan rusaknya instrumen atau peralatan analisa dan mempengaruhi analisa.

Seiring berkembangnya teknologi, pemantauan kondisi laboratorium dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi Internet Of Things (IoT). IoT merupakan sistem di mana sebuah objek dapat terhubung dengan internet dan dapat mentransmisikan data antar perangkat yang lain. IoT bekerja dengan memanfaatkan algoritma pemrograman dengan tiap-tiap perintah akan menghasilkan sebuah interaksi antara sesama perangkat yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam rentang jarak berapapun [1].

Fokus penelitian ini adalah merancang suatu sistem monitoring yang akan mengirimkan data tentang temperatur, kelembaban, gas emisi, serta dapat mendeteksi potensi kebakaran dari sebuah laboratorium kimia. Sistem ini juga

memberikan notifikasi kepada orang yang berada dilaboratorium untuk melakukan aksi tertentu berdasarkan data yang didapatkan dari laboratorium tersebut.

Sistem Internet of Things (IoT) yang diimplementasikan dapat mendeteksi bahaya dengan cepat dan secara real-time, mempermudah pelaporan data, serta mengurangi risiko manipulasi data. Dengan memberikan informasi praktis tentang kondisi suhu, kelembaban, dan deteksi gas berbahaya, sistem IoT ini dapat memudahkan pemantauan dan membantu mencegah risiko kesehatan manusia yang tidak dapat terdeteksi secara manual pada ruangan tertentu.

Laboratorium kimia memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan ilmu kimia serta dalam berbagai bidang lainnya seperti farmasi, kedokteran, industri, dan lingkungan.

Dengan menggunakan laboratorium kimia, para ilmuwan dapat melakukan berbagai penelitian dan eksperimen yang membantu memahami sifat dan perilaku zat kimia serta menerapkan pengetahuan tersebut untuk mengembangkan berbagai teknologi dan produk yang berguna bagi manusia.

Laboratorium kimia merupakan lingkungan kerja yang sarat risiko dan bahaya. Di dalamnya, para peneliti, mahasiswa, dan teknisi seringkali berinteraksi dengan bahan kimia berbahaya, peralatan yang kompleks, dan prosedur kerja yang memerlukan kehati-hatian tinggi. Oleh karena itu, keamanan dalam laboratorium kimia menjadi hal yang sangat krusial dan tidak bisa diabaikan [2].

Keamanan dalam laboratorium kimia bukan hanya masalah perlindungan individu yang terlibat dalam kegiatan laboratorium, tetapi juga berkaitan dengan perlindungan lingkungan sekitar dan masyarakat secara keseluruhan. Kecelakaan atau insiden di laboratorium kimia tidak hanya dapat menyebabkan cedera serius pada pekerja, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang luas, polusi, atau bahkan kejadian yang membahayakan masyarakat sekitar [2].

Beberapa risiko dan bahaya yang terkait dengan kegiatan di laboratorium kimia antara lain:

- Paparan Bahan Kimia Berbahaya

Salah satu risiko utama dalam laboratorium kimia adalah paparan terhadap bahan kimia berbahaya. Bahan-bahan ini dapat berupa zat kimia korosif, toksik, karsinogenik, atau bahkan bahan yang mudah terbakar atau meledak. Paparan terhadap bahan-bahan ini dapat menyebabkan iritasi kulit, kerusakan organ, keracunan, atau bahkan cedera serius atau kematian dalam kasus yang ekstrim.

- Kecelakaan Akibat Peralatan

Penggunaan peralatan kimia yang kompleks dan berbagai alat percobaan dapat meningkatkan risiko kecelakaan. Misalnya, pecahan gelas, ledakan tabung reaksi, atau kebocoran peralatan dapat menyebabkan luka atau bahaya lain bagi individu yang berada di sekitarnya.

- Kebakaran dan Ledakan

Kehadiran bahan kimia yang mudah terbakar atau meledak meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan di laboratorium kimia. Kondisi seperti penggunaan bunsen burner, percobaan dengan reaksi eksotermik, atau manipulasi bahan kimia yang sensitif dapat menjadi pemicu kejadian tersebut.

- Kontaminasi Lingkungan

Penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar atau yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan. Limbah kimia yang tidak diolah

dengan benar dapat mencemari air, tanah, dan udara, serta berpotensi merusak ekosistem dan kesehatan manusia.

- Keracunan Akibat Inhalasi

Paparan terhadap gas-gas beracun atau uap kimia di dalam laboratorium dapat menyebabkan keracunan akibat inhalasi. Hal ini dapat terjadi akibat kebocoran sistem ventilasi yang tidak memadai atau kesalahan dalam penanganan bahan kimia.

Untuk meminimalkan potensi risiko-risiko bahaya di laboratorium kimia, maka sangat penting untuk memiliki suatu sistem yang handal dan efektif untuk mengelola risiko, mendeteksi bahaya secara dini, dan memberikan perlindungan maksimal terhadap individu yang terlibat dalam kegiatan di laboratorium kimia.

Sistem yang tepat dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman, produktif, dan berkelanjutan bagi para ilmuwan dan tenaga kerja laboratorium, serta melindungi masyarakat dan lingkungan dari potensi bahaya yang mungkin timbul [3].

Peran sistem pemantauan dan peringatan dini dalam laboratorium kimia sangat penting dalam mengidentifikasi dan mengurangi risiko kecelakaan atau paparan bahan berbahaya.

Sistem pemantauan yang efektif mampu mendeteksi potensi bahaya di laboratorium kimia secara cepat. Ini termasuk penggunaan sensor yang sensitif untuk mendeteksi gas beracun, kebocoran bahan kimia, atau perubahan suhu yang tidak normal yang bisa mengindikasikan risiko kecelakaan [4].

Sistem pemantauan juga harus dapat mendeteksi adanya potensi bahaya, sehingga dapat mengaktifkan peringatan dini. Peringatan ini dapat berupa alarm audio, sinyal visual, atau bahkan notifikasi ke perangkat seluler atau komputer. Dengan demikian, pengguna laboratorium akan segera diberitahu tentang adanya potensi bahaya sehingga mereka dapat mengambil tindakan pencegahan yang sesuai.

Sistem peringatan dini akan membantu melindungi keselamatan pengguna laboratorium dan lingkungan sekitar dari dampak negatif yang mungkin timbul akibat kecelakaan atau paparan bahan berbahaya. Hal ini memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih efektif dan tepat waktu untuk mengurangi risiko dampak yang lebih serius. Selain memberikan peringatan dini, sistem pemantauan juga harus dapat membantu melakukan tindakan pencegahan yang lebih efektif, serta merespons situasi darurat dengan lebih cepat dan terkoordinasi. Hal ini termasuk aktivasi sistem pemadam kebakaran, ventilasi darurat, atau evakuasi area yang terancam [5].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, ada beberapa pendekatan dalam mengembangkan sistem pemantauan dan peringatan dini di laboratorium kimia, yaitu :

- Identifikasi Bahaya, merupakan langkah pertama dalam pengembangan sistem ini untuk mengidentifikasi semua potensi bahaya yang ada di laboratorium kimia seperti paparan zat kimia atau gas berbahaya, potensi kebakaran dan sebagainya.
- Penilaian Risiko, hal ini dilakukan setelah bahaya berhasil diidentifikasi. Penilaian risiko melibatkan penilaian terhadap kemungkinan terjadinya bahaya dan tingkat kerentanan laboratorium terhadap bahaya-bahaya tersebut. Berdasarkan hal ini, maka prioritas dapat ditetapkan untuk tindakan mitigasi yang diperlukan.

- Pemantauan Kontinu, dilakukan untuk memantau parameter-parameter yang relevan di laboratorium, seperti suhu, tekanan, tingkat gas berbahaya, kebocoran, atau perubahan kimia yang tidak diinginkan.
- Penggunaan sensor dan alat pemantauan yang tepat sangat penting dipertimbangkan. Sensor harus dipilih dengan cermat sesuai dengan bahaya yang diidentifikasi, dan mereka harus dikalibrasi secara teratur untuk memastikan keandalannya.
- Penggunaan Teknologi Tepat seperti sistem pemantauan jarak jauh atau otomatisasi dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas sistem pemantauan dan peringatan dini. Ini memungkinkan pengawasan yang lebih baik dan respons cepat terhadap situasi darurat.
- Integrasi dengan sistem keamanan yang ada yang ada di laboratorium, seperti sistem pemadam kebakaran, ventilasi, atau sistem peringatan darurat lainnya.
- Setelah sistem diimplementasikan, maka evaluasi berkala harus dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dari sistem pemantauan yang dikembangkan. Dari sini, perbaikan dan peningkatan dapat diidentifikasi dan diterapkan untuk meningkatkan keefektifan sistem pemantauan dan peringatan dini di masa akan datang.

Berdasarkan pada berbagai pendekatan tersebut, maka laboratorium kimia dapat mengembangkan sistem pemantauan dan peringatan dini yang efektif untuk mengidentifikasi dan merespons bahaya dengan cepat, sehingga mengurangi risiko kecelakaan atau kejadian yang merugikan.

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka kegiatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan. Pembagian tahapan dilakukan untuk memudahkan penyusunan target capaian dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Tahap-tahap pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

• Tahap 1 :

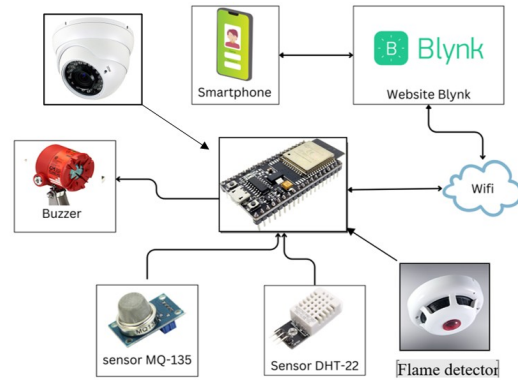
Melakukan analisis kebutuhan melalui pengamatan dan penelitian pendahuluan untuk untuk melihat lebih detail permasalahan yang ada, sehingga akan diperoleh informasi akurat untuk merancang sistem pemantauan dan peringatan dini bahaya di laboratorium kimia.

• Tahap 2 :

Melakukan perancangan dan membangun sistem pemantauan dan peringatan bahaya dini berbasis Internet of Things. Tahapan ini merupakan tahapan krusial yang menentukan keberhasilan penelitian. Rancangan sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Bahaya di Laboratorium Kimia yang akan dibuat ditampilkan pada Gambar 1.

Adapun penjelasan dari rancangan sistem sebagai berikut :

- ESP32 bekerja sebagai papan induk yang akan mengelola data input dan output, yang mana ketika sensor MQ-135 mendeteksi adanya gas berbahaya kemudian mengirim data terhadap ESP32 dan kemudian outputnya buzzer akan berbunyi, kemudian sensor DHT-22 yang mendeteksi suhu dan kelembaban yang akan mengirim data tersebut ke ESP32.
- Dari sensor-sensor tersebut ESP32 akan mengirim data tersebut sebagai hasil dari monitoring, pada kegiatan ini dibutuhkan internet untuk menghubungkan antara ESP32 dan platform Blynk yang dimana platform tersebut akan menampilkan data dari hasil monitoring pada layar smartphone.



Gambar 1. Rancangan Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini Bahaya di Laboratorium Kimia

Sensor-Sensor yang digunakan:

- a. Sensor suhu, akan memantau suhu di sekitar peralatan kimia dan area penyimpanan bahan kimia untuk mendeteksi peningkatan suhu yang tidak normal.
- b. Sensor gas, digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya di udara, seperti gas yang mudah terbakar atau beracun, untuk memperingatkan kebocoran atau potensi paparan berbahaya.
- c. Sensor kelembaban, memantau tingkat kelembaban di laboratorium untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan reaksi kimia yang tidak stabil atau korosi pada peralatan.
- d. Sensor kebakaran, memantau potensi terjadinya bahaya melalui peningkatan panas yang tidak normal.

Untuk pengujian fungsional sensor, maka setiap sensor yang digunakan dalam sistem harus dipastikan berfungsi dengan benar dan memberikan pembacaan yang akurat dalam berbagai kondisi operasional yang mungkin terjadi di laboratorium

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Hardware

Pengujian *hardware* dilakukan setelah semua rangkaian alat dihubungkan sehingga menjadi sebuah sistem monitoring suhu dan kelembaban dan pendeteksi gas pada ruangan.

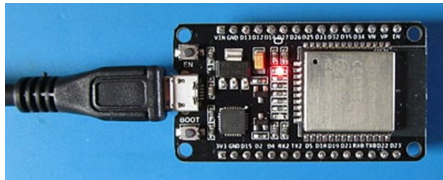
Coding Program dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++. Tahapan pemrograman sebagai berikut :

- Mendefinisikan beberapa makro untuk *ID template Blynk*, nama *template*, dan *token* autentifikasi.
- Menginisialisasi objek untuk sensor MQ135 dan sensor suhu DHT22.
- Menggunakan *library* Adafruit DHT22 Sensor untuk membaca nilai suhu dan kelembaban.
- Mendefinisikan pin input analog untuk MQ135 dan pin digital untuk DHT.
- Mengatur koneksi I2C untuk layar LCD.

Tahapan tersebut digunakan untuk membaca dan memantau nilai sensor kualitas udara dan suhu ruangan, serta menampilkannya melalui jaringan WiFi menggunakan modul ESP32 dan platform Blynk.

B. Pengujian ESP32

Pengujian modul ESP32 ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik, pengujian dilakukan dengan menghubungkan tegangan 5 volt menggunakan kabel USB yang sudah terprogram Arduino IDE. Ketika terkoneksi pada wifi maka di tandai dengan lampu indikator menyala pada modul ESP32. Berikut hasil pengujian modul ESP32 yang terkoneksi ke jaringan internet atau wifi pada gambar 2.



Gambar 2. Pengujian mikrokontroler ESP32

Dari hasil pengujian Modul ESP32 dapat terkoneksi jaringan wifi melalui program Arduino IDE, sehingga disimpulkan modul ini berfungsi baik ditandai dengan lampu led menyala dan modul ESP32 siap digunakan atau dirancang dengan sensor yang akan di uji.

C. Pengujian Buzzer (Alarm)

Pengujian yang dilakukan Buzzer ditandai dengan sebuah suara sebagai indikator alarm akan bunyi apabila terjadi suatu kondisi tertentu



Gambar 3. Buzzer

Gambar 3 menunjukkan Buzzer yang akan berbunyi jika nilainya melebihi setpoint. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Buzzer berbunyi saat limit setpoint terlampaui, sehingga dapat disimpulkan bahwa Buzzer modul berfungsi dengan baik.

D. Pengujian Sensor MQ 135

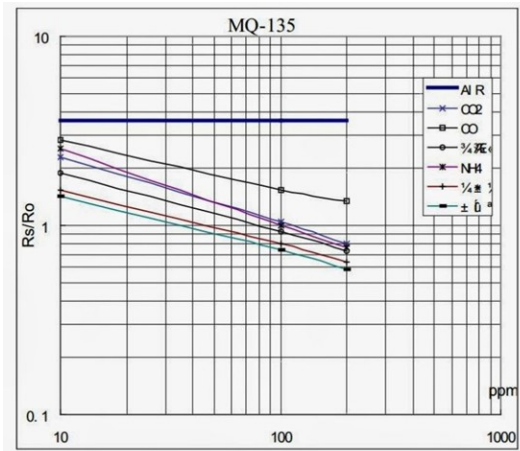
Sensor MQ-135 adalah sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi berbagai gas berbahaya di udara seperti amonia (NH₃), nitrogen oksida (NO^x), alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida (CO₂). Sensor ini memiliki ukuran yang kecil sehingga lebih praktis dan tidak memakan daya yang besar, selain itu MQ135 juga memiliki daya tahan yang baik untuk mendeteksi polusi, sehingga sensor ini sering digunakan dalam aplikasi monitoring kualitas udara [6].

Di dalam sensor MQ135 terdapat elemen pemanas yang biasanya terbuat dari SnO₂ (oksida timah). Elemen pemanas ini akan memanaskan gas-gas yang ada disekitar sensor sehingga sensor akan mendeteksi perubahan nilai resistensi tergantung dari jenis dan konsentrasi gas yang ada disekitarnya. Beban tahanan (*load resistor*) akan mengukur

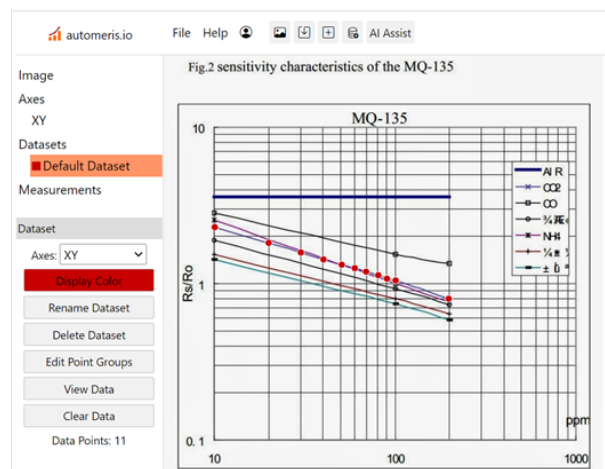
perubahan tegangan yang dihasilkan oleh sensor saat mendeteksi gas dan mengirimkan data-data tersebut ke mikrokontroler untuk diolah, sehingga menghasilkan output konsentrasi gas dalam nilai ppm atau *part per million* [7].

Untuk dapat menghasilkan data yang akurat sesuai dengan jenis gas yang akan di deteksi, maka sensor harus dikalibrasi. Proses kalibrasi yang ideal terhadap sensor MQ135 adalah dengan membandingkan data-data yang terukur dengan sensor CO₂ pembanding yang presisi dan juga telah terkalibrasi. Namun, karena keterbatasan peralatan yang ada di laboratorium kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, maka kalibrasi sensor dilakukan berdasarkan kurva karakteristik sensitivitas MQ135 terhadap berbagai jenis gas (Gambar 4) sesuai *datasheet* yang dikeluarkan oleh pabrik.

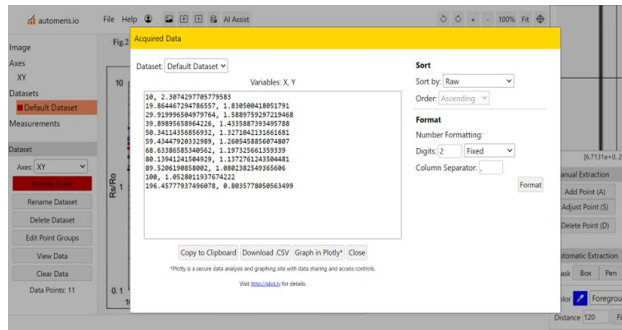
Dari Gambar 4, maka dipilih kurva untuk gas CO₂ yang akan ditentukan koordinatnya. Kurva tersebut kemudian di upload ke website <https://automeris.io/wpd/> seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Setelah ditetapkan titik-titik koordinat pada kurva CO₂ dari *datasheet*, selanjutnya adalah melakukan ekstraksi untuk mendapatkan koordinat-koordinat dari titik-titik tersebut seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Grafik karakteristik sensitivitas MQ-135



Gambar 5. Penentuan koordinat karakteristik sensitivitas gas CO₂

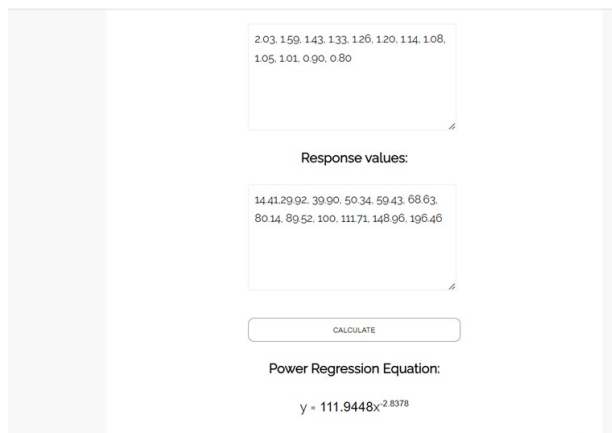


Gambar 6. Ekstraksi koordinat kurva sensitivitas CO₂

Menurut David Gironi, kurva karakteristik sensitivitas dari datasheet tersebut mengikuti persamaan : $y = a \cdot x^b$, dimana y adalah nilai ppm CO₂ dan x merupakan nilai Rs/Ro atau persamaan tersebut dapat juga ditulis :

$$ppm = a (Rs/Ro)^b$$

berdasarkan persamaan tersebut, maka data-data hasil ekstraksi dari autometris.io kemudian dimasukkan ke dalam website <https://www.statology.org/power-regression-calculator> untuk mendapatkan nilai a dan b seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

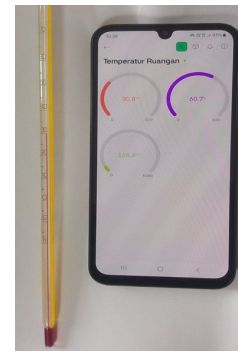


Gambar 7. Penentuan nilai konstanta a dan b dari Power Regression Calculator

Berdasarkan hasil perhitungan Power Regression Calculator diperoleh nilai konstanta a sebesar 111,9448 dan nilai konstanta b sebesar -2,8378. Nilai-nilai konstanta tersebut kemudian dimasukkan ke dalam coding program (Lampiran 1) untuk perhitungan konsentrasi CO₂ yang di ukur oleh sensor [8].

E. Pengujian Sensor Suhu DHT22

Pengujian Sensor DHT22 dilakukan 3 kali pengulangan dengan tujuan untuk memastikan apakah Sensor DHT22 bekerja dengan baik atau tidak, untuk mendeteksi suhu dan kelembaban dalam ruangan. Pengujian sensor DHT22 dilakukan melalui perbandingan dengan hasil pengukuran menggunakan ukur standar, Thermometer. Hasil pengujian Sensor DHT22 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Sensor DHT22 Dengan Alat Ukur Standar Suhu

Dari hasil pengujian Sensor DHT22, dilakukan perhitungan nilai error untuk mengetahui besarnya penyimpangan bacaan sensor. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh penyimpangan sebesar 1,74 % dari nilai sebenarnya.

F. Pengujian Sensor Kelembaban DHT22

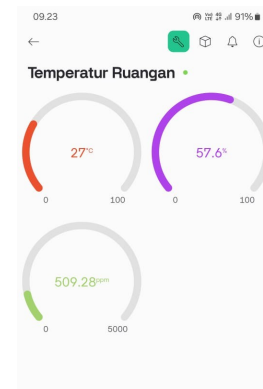
Metode pengujian kelembaban dengan Sensor DHT22 dilakukan sama seperti pengujian suhu, hanya saja alat ukur pembanding yang digunakan adalah alat ukur standar terkalibrasi jenis TENMARS TM-183. Proses pengujian peralatan ditampilkan pada Gambar 9. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh penyimpangan sebesar 0,78 % dari nilai sebenarnya.



Gambar 9. Pengujian pengukuran sensor kelembaban DHT22 menggunakan pembanding TENMARS TM-183

G. Pengujian Software

Software yang digunakan adalah Blynk IoT, karena dapat melakukan visualisasi data dalam bentuk chart, angka dan lain-lain sehingga mempermudah user membaca data sensor secara *real time*. Data dari mikrokontroler dapat juga di monitoring dari jarak jauh melalui platform IoT Blynk. Hasil pengujian Blynk IOT ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Blynk pada smartphone

tentang kondisi laboratorium serta peringatan dini terhadap bahaya di laboratorium.

H. Pengujian Keseluruhan Sensor Prototype

Tahap pengujian keseluruhan Sensor Prototype dilakukan setelah semua komponen dan sensor diuji satu persatu, kemudian dilakukan perancangan atau merakit semua komponen dan sensor yang digunakan menjadi sebuah prototype monitoring pendeteksi adanya gas pada ruangan yang di rancang untuk menggunakan mikrokontroler dan juga dihubungkan melalui pin yang telah ditentukan, selanjutnya menghubungkan kabel jumper dengan komponen elektronika ataupun sensor pada papan board yang digunakan. Hasil pengujian prototype ditampilkan pada Gambar 11.

Pengujian keseluruhan alat untuk mengetahui dan memastikan dapat bekerja baik secara hardware maupun software, tahap pengujian ini adalah mendeteksi keberadaan gas, pengukuran suhu dan kelembaban ruangan.

Dari hasil keseluruhan alat ini merupakan kombinasi seluruh bagian hardware dan software yang telah terintegrasi menjadi sebuah sistem, sesuai dengan hasil pengujian keseluruhan, maka sistem ini berfungsi dengan baik.

08:54:14.789 ->	PPM: 3.87 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.30
08:54:15.304 ->	PPM: 3.87 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.30
08:54:15.820 ->	PPM: 3.92 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.30
08:54:16.287 ->	PPM: 3.87 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.30
08:54:16.800 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.30
08:54:17.312 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.00
08:54:17.827 ->	PPM: 3.92 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.00
08:54:18.338 ->	PPM: 3.92 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.00
08:54:18.804 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 90.00
08:54:19.318 ->	PPM: 3.92 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.50
08:54:19.832 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.50
08:54:20.345 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.50
08:54:20.860 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.50
08:54:21.378 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.80
08:54:21.840 ->	PPM: 4.08 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.80
08:54:22.357 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.80
08:54:22.871 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 89.80
08:54:23.380 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.40
08:54:23.891 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.40
08:54:24.359 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.40
08:54:24.871 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.40
08:54:25.382 ->	PPM: 3.97 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.10
08:54:25.892 ->	PPM: 4.02 ppm	Temperature: 29.30	Humidity: 88.10

Gambar 11. Hasil pengujian prototype peralatan

Sensor yang digunakan dalam pembuatan alat ini yaitu Sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu kelembaban pada ruangan dan Sensor MQ 135 untuk mendeteksi keberadaan gas. Saat alat dihidupkan, maka secara otomatis akan langsung bekerja untuk membaca data-data sensor, kemudian dari hasil deteksi sensor tersebut diolah oleh mikrokontroler untuk ditampilkan output berupa LCD 1602.

Pengujian alarm buzzer dilakukan dengan memaparkan sensor dengan gas CO₂. Saat konsentrasi gas sudah melewati *set point* yang ditentukan, maka sensor gas yang mengukur kadar kualitas gas dalam satuan ppm (part per million), memberikan informasi kepada mikrokontroler dan mikrokontroler memerintahkan alarm untuk berbunyi

Data-data hasil pengukuran mikrokontroler disimpan dalam sebuah *memory card* untuk sewaktu-waktu dapat di akses jika diperlukan. Selain itu mikrokontroler juga mengirimkan data-data tersebut ke platform IoT Blynk, sehingga user dapat mengetahui kondisi laboratorium secara *real time*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem Pemantauan Kondisi Dan Peringatan Bahaya Dini di Laboratorium Kimia berbasis *Internet of Thing* (IoT) dapat berjalan dengan baik dalam memberikan data-data real time

REFERENSI

- [1] Shu, Q. Li, Y., Gao, W., "Emergency treatment mechanism of laboratory safety accidents in university based on IoT and context aware computing", *Helion Journal*, 2023.
- [2] Ayana, U.C., Walters, Lawrence, W., Jalsa, N.K., "Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students", *Safety Science*, 2017.
- [3] Shaharuddin, S., et. al., "The role of IoT sensor in smart building context for indoor fire hazard scenario: A systematic review of interdisciplinary articles", *Internet of Things*, 2023
- [4] Hidayat, D., & Sari, I., "Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT)". *Jurnal Penelitian Teknik Informatika*, 2021.
- [5] Ramos, M.D., et.al., "Optical portable instrument for the determination of CO₂ in indoor environments", *Talenta*, 2019.
- [6] Akbar, M.F., 2021, Pemanfaatan Sensor MQ-135 Sebagai Monitoring Kualitas Udara Pada Aula Gedung Fasilkom, *Projek, Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya*.
- [7] Rosa, A.A., Simon, B.A., Lieanto, K.S., 2020, Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135, *ULTIMA Computing*, Vol. XII, No. 1, Juni 2020.
- [8] Gironi, D., 2024, <https://davidegironi.blogspot.com/2014/01/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-with.html>, di akses tanggal 11 September 2024.