

## **SISTEM MONITORING KADAR CO<sub>2</sub> UNDERGROUND PIT STAMPING SHOP BERBASIS INTERNET OF THINGS**

**Daffa Ahsan Naufaldi<sup>1</sup>, Arum Kusuma Wardhany<sup>1,2</sup>, Bagas Abiyu Putra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. DR.G.A.Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425

<sup>3</sup>Electrical Automation Engineering, Vocational, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111

E-mail : [arum.kusumawardhany@elektro.pnj.ac.id](mailto:arum.kusumawardhany@elektro.pnj.ac.id)<sup>2</sup>

### **ABSTRACT**

*The design of this system is carried out to develop and find out how the Internet of Things (IoT) based CO<sub>2</sub> monitoring system in the air works. In this research, a tool was used to measure CO<sub>2</sub> levels using a Raspberry Pi as a controller and a CCS811 sensor to measure eCO<sub>2</sub> (equivalent calculated Carbon Dioxide) concentration and TVOC (Total Volatile Organic Compounds). The measurement was carried out with the aim of knowing the level of danger in the underground pit area by knowing the CO<sub>2</sub> value in that area. The value read by the sensor will then be sent through the IoT network to be visualized and provide an indication of safety requirements. The research was conducted in November in the underground pit area located at the Stamping Shop. This system consists of four integrated parts, namely (1) the CCS811 sensor; (2) Raspberry Pi controller; (3) Thingsboards; (4) Indicator Lights. The results of this design show that this monitoring system can visualize CO<sub>2</sub> levels in real time and provide an indication if there is an abnormality in the underground area of the PIT Stamping Shop with an average percentage of error testing values between CO<sub>2</sub> detectors and CO<sub>2</sub> sensors of 4.42%.*

**Keywords:** CCS811, CO<sub>2</sub>, Internet of things, Raspberry Pi, Thingsboard

### **ABSTRAK**

Perancangan sistem ini dilakukan untuk mengembangkan sistem *monitoring* CO<sub>2</sub> di udara berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam penelitian ini digunakan alat untuk mengukur kadar CO<sub>2</sub> dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai kontroler dan sensor CCS811 untuk mengukur eCO<sub>2</sub> (*equivalent calculated Carbon Dioxide*) concentration dan TVOC (*Total Volatile Organic Compounds*). Pengukuran tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat bahaya yang berada pada *area underground* pit dengan mengetahui kadar nilai CO<sub>2</sub> pada area tersebut. Nilai yang terbaca oleh sensor selanjutnya akan dikirim melalui jaringan IoT untuk divisualisasikan dan memberikan indikasi untuk kebutuhan *safety*. Penelitian dilaksanakan pada bulan November di *area underground* pit yang terdapat pada *Stamping Shop*. Sistem ini terdiri dari empat bagian yang saling terintegrasi yaitu (1) sensor CCS811; (2) Kontroler Raspberry Pi; (3) Thingsboard; (4) Lampu Indikator. Hasil perancangan ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* ini dapat memvisualisasikan kadar nilai CO<sub>2</sub> secara *real time* dan memberikan tanda jika terjadi kondisi abnormal pada *area underground PIT Stamping Shop* dengan persentase rata-rata nilai *error* pengujian antara CO<sub>2</sub> detektor dengan sensor CO<sub>2</sub> sebesar 4.42%.

**Kata kunci:** CCS811, CO<sub>2</sub>, Internet of things, Raspberry Pi, Thingsboard

## **1. PENDAHULUAN**

Udara memiliki peran yang sangat penting dalam keberlangsungan hidup manusia dan

mahluk hidup lain. Oleh karena itu kualitasnya harus dijaga dari bahan pencemar udara [1]. Pada industri manufaktur yang memiliki proses pembakaran dapat menyebabkan pencemaran

## Sistem Monitoring Kadar CO<sub>2</sub> Underground Pit .....

udara dengan membentuk gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Keduanya merupakan jenis gas yang berbahaya jika dihirup melebihi batas aman [2].

Kondisi ruangan yang tertutup, lembab dan sirkulasi yang buruk dapat mempengaruhi kualitas udara, salah satunya adalah *underground pit* [3]. *Underground pit* atau ruang bawah tanah terletak pada salah satu line produksi, yaitu *stamping shop*. Ruang bawah tanah tersebut memiliki suhu yang cukup tinggi dan memungkinkan terjadinya reaksi segitiga api yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran. Pengertian segitiga api sendiri merupakan tiga unsur pembentuk api yang terdiri atas panas, oksigen, dan bahan atau benda mudah terbakar yang outputnya adalah panas dan cahaya [4]

Untuk mengantisipasi terjadinya kebakaran, terpasang pemadam api yang berisikan gas CO<sub>2</sub> sebagai alat untuk menghasilkan efek pendinginan pada titik api secara intens. Dengan adanya alat pemadam api dengan CO<sub>2</sub>, tentunya sangat membahayakan Man Power (MP) yang sedang berada pada ruangan tersebut. CO<sub>2</sub> dapat membuat sesak nafas, hal ini dikarenakan oksigen yang seharusnya disalurkan oleh hemoglobin keseluruh tubuh tidak dapat dialirkan, ini dikarenakan hemoglobin lebih mudah mengikat CO<sub>2</sub> dari pada oksigen [5].

Untuk menghindari kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh paparan CO<sub>2</sub> pada ruangan *underground pit*, maka dilakukan peningkatan yang sesuai dengan keadaan teknologi masa kini yaitu IoT (Internet of Things). IoT didefinisikan sebagai sebuah jaringan dengan masing-masing benda yang teranam dengan sensor yang terhubung kedalam jaringan internet [6]. Untuk melakukan monitoring diperlukan sebuah komponen yang digunakan untuk membaca nilai kandungan dari CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu digunakan CCS811 yang merupakan sensor gas digital berdaya sangat rendah yang dirancang untuk memantau dalam ruangan kualitas udara. Itu diproduksi oleh Austria Mikro Systeme (ams) dan dirancang untuk mensintesis mentah data sensor dan keluaran hitungan waktu, suhu, TVOC dalam bagian per miliar (ppb) dan perkiraan kesetaraan CO<sub>2</sub> dalam ppm [7]. Dalam penelitian sebelumnya, dengan menggunakan sensor CCS811 dapat disimpulkan bawa sensor CCS811 merupakan sebuah pilihan baik, karna sensitivitas terhadap gas gas polutan yang terkandung di Udara sekitar tergolong tinggi. Sehingga mendapatkan hasil yang akurat secara realtime dengan sangat mudah karena sistem notif dan pengolahan datanya menggunakan IoT [8].

Konfigurasi sistem ini dirancang menggunakan Raspberry Pi sebagai mikroprosesor yang digunakan. Raspberry Pi

dijadikan server dengan alasan portabilitas yang lengkap, compact dan hanya mengkonsumsi daya yang sedikit [9]. Data yang dikirim dari Raspberry Pi akan dikirim menuju database local (Thingsboard), dimana hasil dari data itu akan ditampilkan pada tampilan web server ThingsBoard secara *real time* [10]. Pada penelitian sebelumnya, sistem yang telah dibuat dapat bekerja secara *real time* dengan waktu kurang dari 1 detik [11].

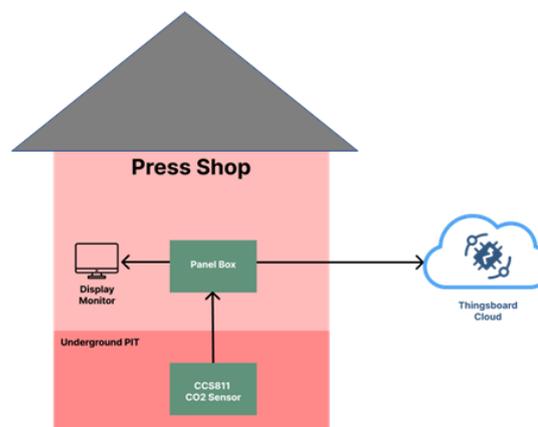
## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada rancang CO<sub>2</sub> di *underground pit* terdiri dari beberapa tahapan diantaranya:

1. Tahapan perancangan sistem
2. Tahapan pembuatan program sistem kontrol dan protokol komunikasi dengan menggunakan bahasa *javascript*. Serta membuat tampilan dengan menggunakan *thingsboard* sebagai sistem monitoring,
3. Tahapan pengujian sistem kontrol pemrograman dengan mengaplikasikan ke *underground pit* serta menguji komunikasi dan kecepatan respon *Web IoT Thingsboard* saat *monitoring*.

### 2.1 Deskripsi Perancangan Alat

Perancangan dari sistem deteksi CO<sub>2</sub> yang akan dipasang pada *underground press pit* di *Press Shop* dilakukan dengan meletakkan sensor di bawah tanah kemudian dihubungkan kepada panel box yang berisi *Raspberry Pi* serta lampu indikator kadar CO<sub>2</sub>. Hasil dari pembacaan kadar CO<sub>2</sub> akan dikirim menuju *Thingsboard* pada server untuk menampilkan *dashboard* secara online. Gambar perancangan alat pada sensor CO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 1.



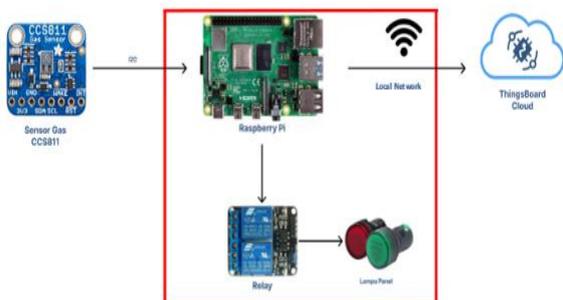
Gambar 1. Deskripsi Perancangan Alat

### 2.2 Blok Diagram

Sistem monitoring CO<sub>2</sub> menggunakan kontroler *Raspberry Pi* yang berasal dari sensor.

## Sistem Monitoring Kadar CO<sub>2</sub> Underground Pit .....

Sensor mengirimkan data berupa data digital menggunakan sistem komunikasi I2C yang kemudian diterima *Raspberry Pi*. *Raspberry Pi* akan melakukan proses konversi data menggunakan *Node-Red* sehingga didapatkan nilai kadar gas CO<sub>2</sub> pada ruangan tempat sensor diletakkan. *Raspberry pi* juga akan mengirimkan hasil data tersebut ke *Thingsboard* menggunakan protokol rest API secara nirkabel untuk dijadikan *dashboard* sehingga bisa di akses secara *online*. Hasil data juga akan diolah untuk ditampilkan pada lampu indikator. Lampu akan menyala sesuai dengan nilai kadar CO<sub>2</sub> yang telah disesuaikan dengan standar. Gambar blok diagram ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram

### 2.3 Flowchart

Sistem kerja dari sistem monitoring ini dimulai dengan sensor CCS811 melakukan pengukuran kadar gas pada ruangan. Setelah sensor melakukan pengukuran, maka data tersebut dikirim melalui komunikasi I2C pada *Raspberry Pi*.

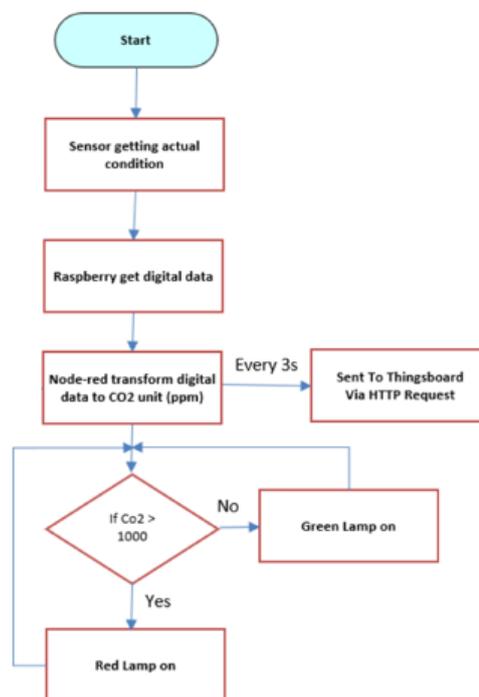
I2C merupakan komunikasi yang mendukung multiple bus master, I2C hanya memiliki dua sinyal yaitu SDA dan SCL dimana keduanya bersifat bi-directional. SCL digunakan untuk clock dan wait, sementara SDA digunakan untuk pengiriman data dan alamat [12].

*Raspberry Pi* bertugas untuk memproses data yang diterima dari sensor CO<sub>2</sub>. Data yang diterima dari sensor merupakan data digital yang dikirimkan menggunakan sistem komunikasi I2C. Setelah menerima data dari sensor, akan dilakukan proses konversi data untuk menghasilkan nilai kadar gas CO<sub>2</sub> di dalam ruangan tempat sensor diletakkan.

Proses konversi data tersebut dilakukan dengan menggunakan *flow programming* pada *Node-RED*. *Node-RED* adalah platform pengembangan perangkat lunak yang dirancang untuk memudahkan pembuatan aplikasi IoT. Setelah nilai kadar gas CO<sub>2</sub> didapatkan, *Raspberry Pi* akan mengirimkan hasil data tersebut ke *ThingsBoard* menggunakan protokol *REST API* secara nirkabel. Dengan menggunakan *ThingsBoard*, pengguna dapat dengan mudah

memantau dan menganalisis data tingkat CO<sub>2</sub> di dalam ruangan secara online.

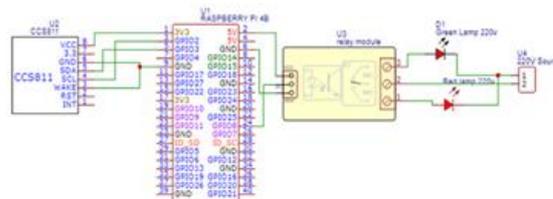
Setelah data dikirim ke *ThingsBoard*, hasilnya akan diolah kembali untuk ditampilkan pada lampu indikator. Lampu indikator akan menyala sesuai dengan nilai kadar CO<sub>2</sub> di dalam ruangan. Jika nilai kadar CO<sub>2</sub> di atas 1000 ppm, maka lampu merah akan menyala, yang berarti operator dilarang untuk memasuki daerah *underground pit*. Namun, jika nilai kadar CO<sub>2</sub> di bawah 1000 ppm, maka lampu hijau akan menyala, yang berarti operator aman untuk memasuki daerah *underground pit*.



Gambar 3. Flowchart

### 2.4 Wiring Diagram

Gambar 4 merupakan *wiring diagram* dari panel sistem monitoring CO<sub>2</sub> yang terpasang pada panel *box*. Komponen pada panel *box* meliputi sensor gas CCS811, *raspberry pi*, relay, lampu indikator, serta *power outlet*.



Gambar 4. Wiring Diagram

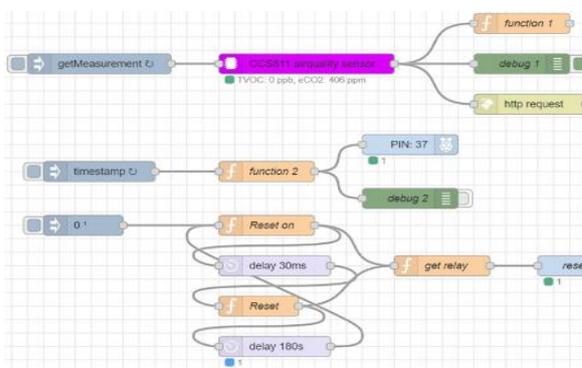
Untuk menghubungkan gas sensor CCS811 ke *Raspberry Pi* melalui I2C, dapat

## Sistem Monitoring Kadar CO<sub>2</sub> Underground Pit .....

dilakukan dengan menghubungkan kabel SDA dan SCL dari sensor ke pin SDA dan SCL pada *Raspberry Pi*. Pada protokol I2C, data dikirim secara serial melalui jalur SDA, sedangkan untuk clock dikirim melalui jalur SCL [13]. Kemudian pin VCC pada sensor dihubungkan ke pin 3.3V pada *Raspberry Pi*, dan pin GND pada sensor ke pin GND pada *Raspberry Pi*.

### 2.5 Pemrograman Node - RED

Pada *Node - RED* dibutuhkan beberapa *node* atau *library* tambahan seperti *node* CCS811 dan *node* raspberry pi GPIO. Pertama, *Raspberry Pi* akan menarik data dari sensor dengan *node* CCS811 yang kemudian akan diubah menjadi nilai kadar CO<sub>2</sub> dengan satuan ppm atau *part per million*. Setelah nilai kadar CO<sub>2</sub> didapatkan, nilai tersebut akan dimasukkan kedalam variabel. Nilai pada variabel tersebut akan dideteksi menggunakan fungsi yang berisi program *if* dimana jika kadar CO<sub>2</sub> diatas 1000 ppm maka *Raspberry Pi* akan mengirim sinyal kepada relay dan lampu merah akan menyala. Nilai kadar CO<sub>2</sub> juga akan dikirimkan kepada *thingsboard* menggunakan *node* *https request* dengan alamat device yang telah dikonfigurasi pada *thingsboard*. Gambar pemrograman *flow Node - RED* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemrograman *Node-RED*

### 2.6 Pengujian Alat

Untuk memastikan keakuratan dan keandalan sistem ini, dilakukan pengujian dengan melakukan komparasi antara nilai yang tertampil pada monitor dengan nilai aktual pada lapangan. Komparasi tersebut dapat dilakukan dengan meletakkan Sensor CO<sub>2</sub> dengan CO<sub>2</sub> Detector secara berdekatan. Pengambilan nilai yang didapatkan saat proses komparasi diuji selama 20 hari dengan merata-ratakan nilai pada setiap harinya. Nilai yang dihasilkan dari kedua perangkat tersebut disalin untuk dimasukkan terhadap Rumus 1 untuk mendapatkan persentase

nilai error yang dimiliki oleh sistem. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam pembacaan persentase error berdasarkan data pengujian.

$$\% \text{ Nilai error} = \frac{\text{Selisih Nilai Pembacaan}}{\text{Nilai CO}_2 \text{ Detector}} \times 100\% \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Box panel Indikator

Panel dengan dimensi 25cm x 20cm x 15cm yang di dalamnya terpasang sensor gas CCS811, modul *Raspberry Pi*, modul relay 4 channel, lampu indikator sudah dihubungkan dengan kabel jumper sesuai dengan rancangan gambar yang sudah dibuat dan dijelaskan pada sub bab *wiring diagram*. Panel tersebut digunakan untuk menghubungkan dan menempatkan beberapa perangkat tersebut agar terlindungi dari gangguan lingkungan luar.



Gambar 6. Kontrol Panel

Selain untuk tempat terhubungnya beberapa perangkat, *box* panel ini diletakkan pada pintu masuk atas area *underground pit room* karena pada *box* panel ini terdapat lampu indikator yang dijadikan sebagai indikator standar keamanan *safety* mengenai kondisi *underground pit room* akan kadar CO<sub>2</sub>. Dengan adanya lampu indikator pada pintu masuk, maka MP dapat menentukan kondisi bahaya sebelum memasuki ruangan tersebut dengan melihat lampu indikator dan dashboard yang dapat dilihat dari internet. Sehingga dapat dikatakan bahwa *box* panel ini merupakan salah satu *output* tujuan diciptakannya sistem *monitoring* ini.

### 3.2 DASHBOARD

Dengan adanya *dashboard* yang sudah diimplementasikan pada sistem *monitoring* ini, dapat membantu manajemen untuk memantau kondisi dari ruang bawah tanah khususnya kadar CO<sub>2</sub> secara *real time* dan data yang tertampil pada

## Sistem Monitoring Kadar CO<sub>2</sub> Underground Pit .....

dashboard dapat disimpan dan dijadikan data pendukung ketika ada tujuan investigasi khusus. Untuk kedepannya, dashboard ini dapat disatukan dengan beberapa dashboard yang berkaitan dengan parameter kondisi yang ada pada stamping shop (Gambar 7)

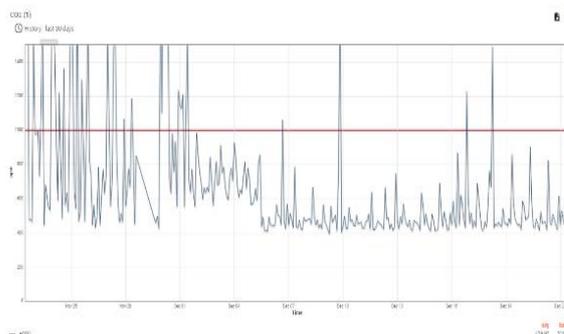


Gambar 7. Tampilan Dashboard

### 3.3 GRAFIK DASHBOARD

Gambar 8 merupakan grafik dari kadar CO<sub>2</sub> selama 30 hari di *underground pit stamping*. Nilai standar yang dikategorikan aman adalah ketika kadar CO<sub>2</sub> ≤ 1000 ppm. Pada 10 hari pertama (23 November - 2 Desember) dapat dilihat nilai pembacaan kadar CO<sub>2</sub> sensor masih belum stabil dikarenakan pada 10 hari pertama sensor masih dalam tahapan *trial* dan *commissioning*, sehingga sensor masih belum terpasang di lapangan dan masih dalam tahapan pengujian dengan memberikan gas CO<sub>2</sub> secara manual. Sensor membutuhkan waktu selama 48 jam untuk “burn it in” dan kemudian 20 menit dalam mode yang diinginkan setiap kali sensor diaktifkan. Ini karena tingkat sensitivitas sensor akan berubah selama penggunaan awal [14]. Selain itu, faktor yang menyebabkan tidak stabilnya pembacaan sensor adalah pemrograman *Node-RED* yang belum berjalan dengan baik.

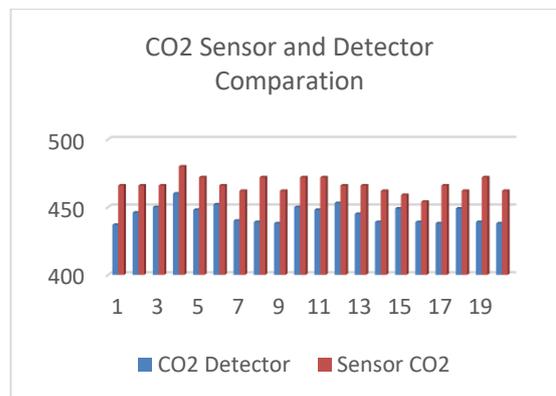
Setelah 20 hari selanjutnya (3 Desember - 23 Desember), program yang dibuat sudah berfungsi dengan baik sehingga sensor sudah mengalami kestabilan dalam pembacannya. Bentuk grafik stabil yang sudah terprogram dapat dilihat pada Gambar 7 sesuai dengan yang ditampilkan pada dashboard. Karena sudah adanya kestabilan dalam pembacaan, sensor sudah diletakkan pada area *underground pit stamping* untuk digunakan sesuai tujuan awal dilakukannya penelitian. Dari data yang didapat, dengan nilai rata-rata sebesar 463,88 PPM maka area *underground pit stamping* masih memiliki kualitas udara yang aman dan tidak membahayakan bagi MP yang memiliki keperluan untuk masuk ke area tersebut.



Gambar 8. Grafik Nilai Pembacaan Sensor CO<sub>2</sub>

### 3.4 PENGUJIAN SENSOR CO<sub>2</sub>

Dalam tahap pengujian, diperlukan pengambilan data untuk menentukan persentase error yang dimiliki oleh sistem. Gambar 9 merupakan grafik yang dihasilkan dari pengambilan data antara sensor CO<sub>2</sub> dengan CO<sub>2</sub> Detector.



Gambar 9. Perbandingan Data Pembacaan CO<sub>2</sub>

Berdasarkan nilai pada Gambar 9, nilai rata-rata antara masing-masing CO<sub>2</sub> detector dengan sensor CO<sub>2</sub> adalah:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata CO}_2 \text{ Detector} &= 445.6 \text{ ppm} \\ \text{Rata-rata Sensor} &= 466.2 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Sehingga, nilai rata-rata tersebut dapat dimasukkan pada Rumus 1 untuk mengetahui persentase nilai error yang dimiliki sensor. Berikut ini merupakan hasil perhitungan dari persentase nilai error yang didapatkan:

% Nilai error

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Nilai CO}_2 \text{ detektor} - \text{Nilai sensor}}{\text{Nilai CO}_2 \text{ detektor}} \times 100\% \\ &= \frac{445.6 - 466.2}{445.6} \times 100\% = 4.42\% \end{aligned}$$

Dari rumus (1) didapatkan rata-rata nilai error pengujian antara CO<sub>2</sub> detector dengan sensor CO<sub>2</sub> sebesar 4.42%. Terjadinya error tersebut

dikarenakan adanya selisih dalam pembacaan nilai CO<sub>2</sub> antara CO<sub>2</sub> detektor dengan nilai sensor. Selisih tersebut dikarenakan kedua perangkat memiliki tingkat keakuratan pembacaan yang berbeda. Sehingga, nilai error yang didapatkan merupakan nilai presentase dari selisih antara kedua perangkat tersebut dan untuk nilai aktual CO<sub>2</sub> pada lapangan tidak bisa dipastikan mengacu pada sensor CO<sub>2</sub> atau CO<sub>2</sub> detektor. Pada penelitian sebelumnya, dalam memonitor nilai CO<sub>2</sub> dengan menggunakan sensor yang sama dihasilkan nilai toleransi sebesar 5,29% [15].

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, sistem yang sudah terimplementasi memiliki persentase nilai toleransi sebesar 4,42% dan dapat memantau kadar CO<sub>2</sub> yang terdapat pada *underground pit room* secara *real-time*. Pada *dashboard* yang digunakan hanya bisa menampilkan nilai sensor dan hanya mampu menyimpan data sensor selama 30 hari. Sehingga, jika diperlukan sebuah *database* untuk menyimpan data dari nilai sensor dalam jangka panjang. Sistem pemantauan CO<sub>2</sub> dapat diakses secara mudah melalui *smartphone* dan laptop yang terhubung jaringan internet. Selain untuk memonitor, nilai kadar CO<sub>2</sub> yang terbaca oleh sistem sudah dapat tersimpan dalam *cloud* dan dapat diunduh untuk tujuan investigasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. S. M. Y. Alven Rochmania, "Monitoring Kandungan Co2 Di Udara Berbasis Iot Dengan Nodemcu ESP8266 Dan Sensor MQ135," *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, pp. 249 - 259, Desember 20221.
- [2] H. R. M. D. P. Mohammad Husain Rifai, "Pemanfaatan Internet Of Things (Iot) Untuk Rancang Bangun UAV," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, p. 7096, 2021.
- [3] J. S. S. K. A. Gabriel Andari Kristanto, "Analisis Kualitas Udara di Ruang Parkir Bawah Tanah," *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, vol. 5, pp. 117 - 126, 2013.
- [4] R. T. P. E. R. d. Ambar Winarti, "SIMULASI PENANGGULANGAN KEBAKARAN DENGAN ALAT SEDERHANA PADA SISWA," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat J-Abdi*, vol. 2, p. 3661, 2022.
- [5] D. P. S. M. J. O. W. S. M. Evert Nebath, "Rancang Bangun Alat Pengukur Gas Berbahaya CO Dan CO2 di Lingkungan Industri," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 2014.
- [6] M. N. A. M. David Setiadi, "Penerapan Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Infotronik*, vol. 3, 2018.
- [7] J. R. T. D. Gabriel Yurko, "Real-Time Sensor Response Characteristics of 3 Commercial Metal Oxide Sensors for Detection of BTEX and Chlorinated Aliphatic Hydrocarbon Organic Vapors," 27 August 2019.
- [8] Y. A. PRADANA, "Rancang Bangun Pengukur Kualitas Udara Terhadap Penyakit Ispa Berbasis Iot Pada Kelurahan Kuta Jaya," Tangerang, 2018.
- [9] W. R. I. Z. N. Frenki Tahir, "Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi," *JURNAL TEKNIK*, vol. 18, 2020.
- [10] B. M. W. S. M. R. A. Yudi Eko Windarto "Monitoring Ruangan Berbasis Internet of Things," *Walisongo Journal of Information Technology*, vol. 2, pp. 145 - 156, 2020.
- [11] D. T. I. N. Seibu Tomasua, "Sistem Kendali Dan Monitoring Penggunaan Peralatan Listrik Di Rumah Menggunakan Raspberry Pi Dan Web Service," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 4, pp. 85 - 96, 2016.
- [12] S. R. A. D. S. Nicho Ferdiansyah Kusna, "Rancang Bangun Pengenalan Modul Sensor Dengan Konfigurasi Otomatis," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, pp. 3200 - 3209, 2018.
- [13] S. R. A. D. S. Nicho Ferdiansyah Kusna, "Rancang Bangun Pengenalan Modul Sensor Dengan Konfigurasi Otomatis Berbasis Komunikasi I2C," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, pp. 3200-3209, 2018.
- [14] D. Miller, "Adafruit CCS811 Air Quality Sensor," 1 12 2022. [Online]. Available: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-ccs811-air-quality-sensor.pdf>. [Diakses 15 3 2023].
- [15] R. E. PUTRI, "Analisis Akurasi Instrumen Untuk Peningkatan Performa Sistem Monitoring Kualitas Udara Lingkungan Pada Siger (Smart, Integrated, Green, And Efficient Room)," Universitas Lampung, Lampung, 2022.

*Sistem Monitoring Kadar CO<sub>2</sub> Underground Pit .....*