

MONITORING KANDUNGAN CO₂ DI UDARA BERBASIS IoT DENGAN NODEMCU ESP8266 DAN SENSOR MQ135

***Alven Rochmania**
Universitas Negeri Surabaya
alven.18031@mhs.unesa.ac.id

Imam Sucahyo
Universitas Negeri Surabaya
imamsucahyo@unesa.ac.id

Meta Yantidewi
Universitas Negeri Surabaya
metayantidewi@unesa.ac.id

*Koresponden author

Abstrak – Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan tujuan untuk mengembangkan dan mengetahui cara kerja alat monitoring kandungan CO₂ di udara berbasis *Internet of Things*. Penelitian dimulai pada bulan November di dua daerah yang berbeda yaitu Panekan Kabupaten Magetan dan Ketintang Kota Surabaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan alat monitoring kandungan CO₂ yang dikembangkan yang kemudian dibandingkan dengan alat pembanding yaitu "*Air Quality Detector*" yang dapat mendeteksi kandungan CO₂. Berdasarkan percobaan yang dilakukan alat monitoring kandungan CO₂ yang dibuat menghasilkan nilai rata-rata berturut-turut 549.18 ppm dan 666.29 ppm sedangkan pada alat pembanding berturut-turut 523.75 ppm dan 658.75 ppm. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa alat yang dirancang mampu mendeteksi kadar CO₂ yang ada di udara baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Alat monitoring yang dibangun memiliki taraf ketelitian 99.32% di daerah pedesaan dan 99.86% saat alat digunakan untuk memonitoring kandungan CO₂ di daerah perkotaan. Hasil pembacaan ini dapat dilihat pada Smartphone yang telah terpasang aplikasi monitoring kualitas udara.

Kata Kunci: Monitoring, *Internet of Things*, CO₂

Abstract – This research is experimental research that aims to develop and know how the CO₂ content monitoring tool based on the Internet of Things works. The research started in November in two different areas, namely Panekan, Magetan Regency, and in Ketintang, Surabaya City. The method used in this research is an experimental quantitative research method which is carried out using a CO₂ content monitoring tool that is built which is then compared with a comparison tool, namely "*Air Quality Detector*" which can also detect CO₂ content. Based on the experiments carried out by the CO₂ content monitoring tool that was built, the sensor average values were 549.18 ppm and 666.29 ppm, respectively, and 523.75 ppm and 658.75 ppm on the comparison tool, respectively. Based on the experiment results, it tended to be inferred that the designed tool can detect CO₂ levels in the air both in rural and urban areas. The monitoring tool built has an accuracy level of 99.32% in rural areas and 99.86% when the tool is used to monitor CO₂ content in urban areas. The results of this reading could be displayed on smartphones that had an air quality monitoring application installed.

Keywords: Monitoring, *Internet of Things*, CO₂.

A. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya dunia adalah udara, udara memiliki peran yang sangat penting dalam keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Oleh karena itu kualitasnya harus dijaga dari bahan pencemar udara (Michelle Gunawan 2020). Pada tahun 2016, WHO (*World Health Organization*) menyatakan sebanyak 91% tidak bertempat tinggal dengan standar kualitas udara yang telah ditetapkan (Filson M. Sidjabat 2019). Polusi udara atau dapat disebut dengan tercemarnya kandungan udara adalah saat adanya satu zat atau lebih pada udara dalam jumlah banyak dan dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup, dimana kesehatan fisik suatu makhluk hidup bergantung dengan lingkungan yang sehat, sedangkan permasalahan ini akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan maupun urbanisasi di kota besar (Jacqueline Waworundeng 2018) (Sukmawati 2011). Kenyamanan dan estetika lingkungan dapat terganggu dengan adanya pencemaran udara ini, bahkan dapat merusak keutuhan bangunan (Ramdan Satra 2016).

Polusi udara yang dikeluarkan oleh aktivitas manusia di daerah perkotaan antara lain adanya gas industri maupun emisi kendaraan (Rawal 2019), karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), sulfur oksida (SO_x), Ozone (O₃), timah (Pb) dan karbon dioksida (CO₂) (Ruslan 2015). Dari beberapa jenis polutan tersebut, karbon dioksida (CO₂) termasuk salah satu polutan yang paling banyak dihasilkan di daerah perkotaan. Polutan CO₂ memiliki dampak negatif untuk kesehatan manusia. Bahkan sekarang emisi gas CO₂ yang dihasilkan mencapai 100-250g/km (10000-250000 ppm), yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Muhammad Mansur 2014). Apabila kadar CO₂ semakin banyak maka jumlah oksigen akan semakin berkurang sehingga dapat menyebabkan makhluk hidup sesak nafas bahkan kematian, apabila udara segar tidak segera didapatkan kembali.

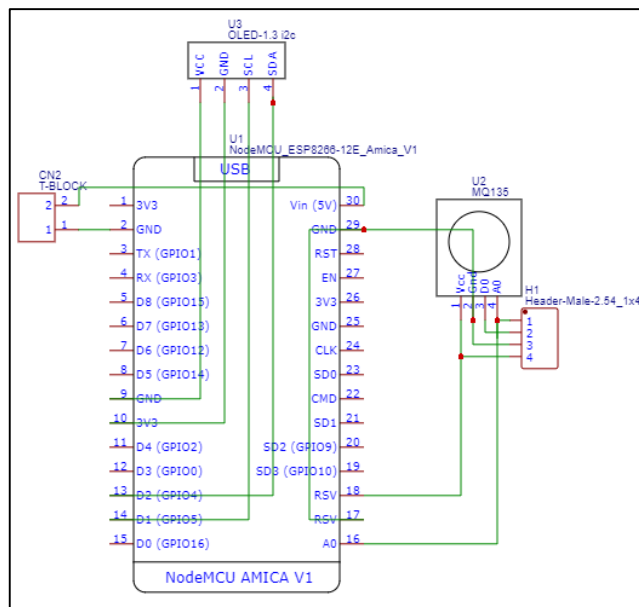
Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Hafiizh Ashshiddiqi Prabowo dengan menggunakan sensor TGS 6812 dan sensor TGS 2602 menghasilkan selisih pengukuran untuk gas hidrogen, butana, CO, dan H₂S serta etanol berturut-turut sebesar 0,09 ppm, 0,33 ppm, 0,4 ppm, dan 0,03 ppm. Adanya selisih pembacaan nilai ppm tersebut dikarenakan kepekaan dari sensor TGS6812 terhadap gas dengan konsentrasi tinggi sedangkan sensitivitas sensor TGS2602 sangat buruk pada gas hidrogen (Hafiiz Asshiddiqi Prabowo Jati 2013)

Dalam penelitian Deka Hardika dengan judul “Sistem Monitoring Asap Rokok Menggunakan Smartphone Berbasis IoT” dengan menggunakan sensor MQ135 dapat mendeteksi adanya asap rokok maksimal jarak 1 m (Deka Hardika 2019). Akan tetapi sistem monitoring ini masih belum bisa membedakan jenis asap yang dideteksi. Dari masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, peneliti tertarik untuk mengembangkan alat monitoring kandungan CO₂ dalam udara berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 serta menggunakan sensor gas MQ135 dan hasil pembacaan ppm pada alat ini dapat dipantau dengan *smartphone* yang sudah terpasang aplikasi “*Air_Quality*” yang dibangun menggunakan *platform* MIT App Inventor.

B. METODE

Dengan menggunakan jenis penelitian eksperimental yang dianalisis secara deskriptif melalui grafik, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengetahui cara kerja alat monitoring kandungan CO₂ di udara berbasis *Internet of Things*. Waktu penelitian dimulai dari bulan November 2021 yang dilakukan di dua tempat berbeda yaitu daerah pedesaan (Panekan, Kab. Magetan) dan daerah perkotaan (Ketintang, Surabaya). Dua daerah yang dipilih dikarenakan mudah dijangkau oleh domisili peneliti yaitu di Ketintang. Daerah Panekan dipilih karena merupakan daerah asal peneliti yaitu pedesaan dibawah kaki Gunung Lawu yang masih terjaga keasrian dan kebersihan udaranya (Syaifullah 2020).

Langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat sistem minimum dari rangkaian alat yang dibangun (Gambar 2). Setelah itu mengganti resistor (RLoad) yang ada pada sensor yang sebelumnya 1K (Gambar 3) menjadi 10K. Penggantian RLoad ini bertujuan agar hasil pembacaan ppm dari sensor lebih sensitif. Rentang resistor yang digunakan untuk mengganti RLoad yaitu sebesar 10-22 K Ω . Lalu mengkalibrasi sensor di udara yang bersih dengan ketentuan suhu $\pm 20^{\circ}\text{C}$ dan tekanan udara sebesar 55% (Hareendran 2020).



Gambar 1. Sistem Minimum pada Alat Monitoring Kualitas Udara



Gambar 2. RLoad pada Sensor MQ135 (Hareendran 2020)

Dengan menggunakan minimum sistem yang sudah dirancang, maka VCC pada sensor dihubungkan dengan pin VV pada NodeMCU ESP 8266 yang memiliki tegangan $\pm 5\text{V}$ bergantung dari Vin (tegangan input) dari sumber tersebut. Hal ini dikarenakan sensor MQ135 hanya dapat

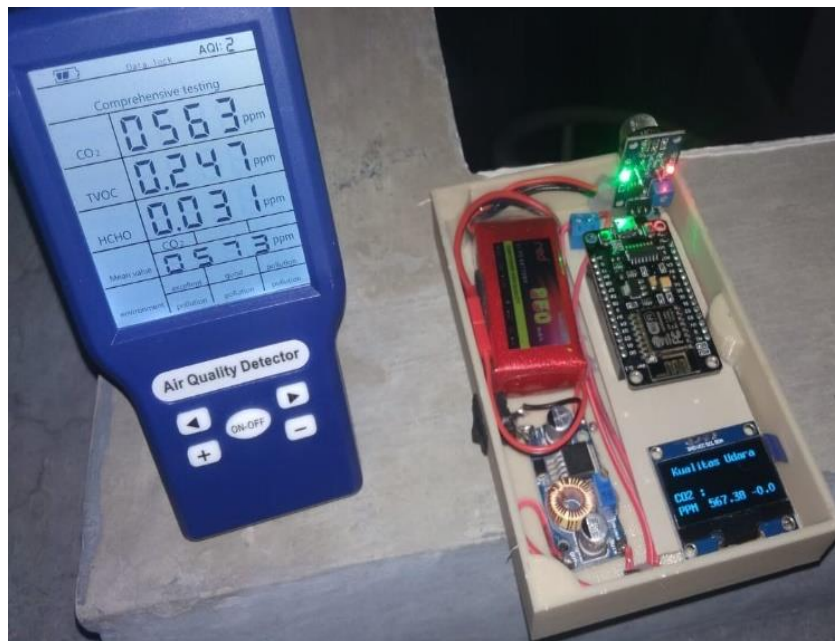
bekerja pada tegangan $5.0 \pm 0.1V$ (Pinout 2020). Apabila VCC sensor dihubungkan dengan tegangan yang besarnya kurang dari 5.0V maka hasil pembacaan sensor tidak sesuai.

Setelah itu dilakukan proses kalibrasi di daerah Magetan, tepatnya di Desa Bedagung Panekan. Tempat ini dipilih karena dekat dengan tempat tinggal peneliti, sehingga peneliti cukup mengetahui kondisi yang ada di daerah tersebut. Proses kalibrasi dilakukan pada pagi hari saat suhu di lingkungan sekitar $\pm 19^\circ C$ sesuai dengan syarat kalibrasi (Hareendran 2020). Proses kalibrasi ini digunakan untuk menentukan besarnya R_o di udara bersih kemudian diperoleh nilai R_o sebesar $3.44 K\Omega$.

Kemudian mencari besarnya nilai R_s dengan menggunakan persamaan :

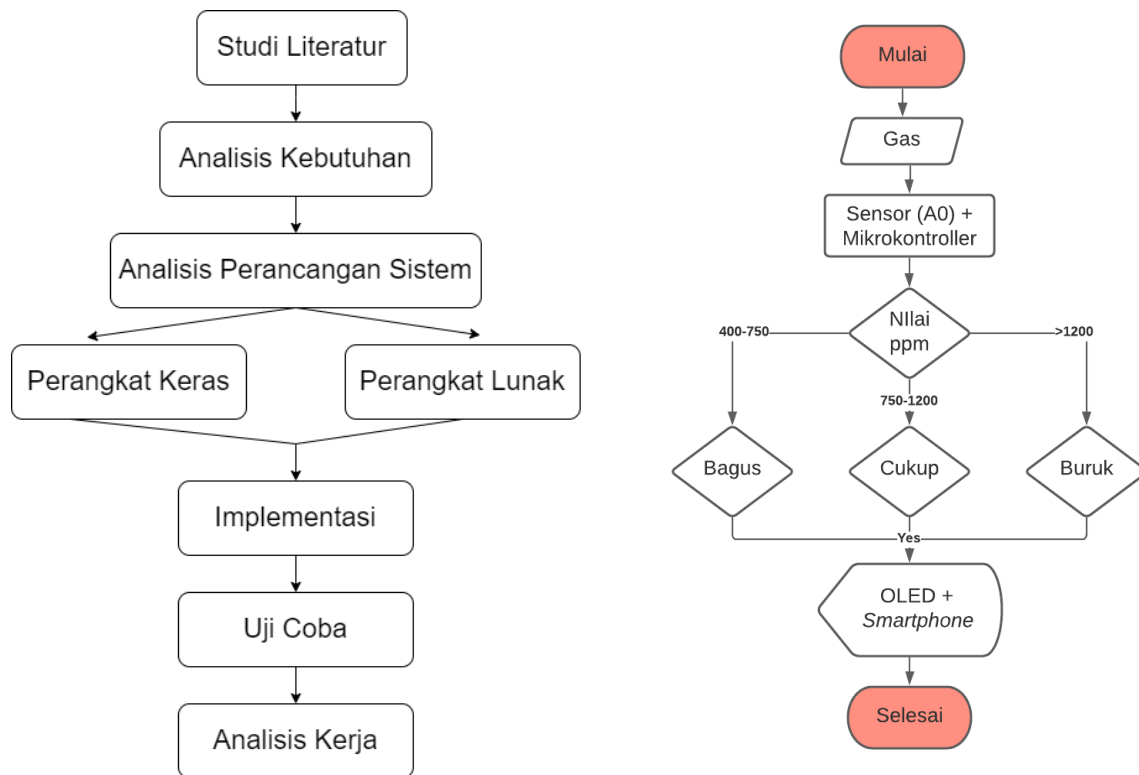
$$R_s = \left(\left(\frac{5}{ADC} * \frac{5}{1023} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

Setelah diketahui nilai R_s selanjutnya melakukan pemasukan variabel R_s ke program yang digunakan dengan menggunakan ArduinoIDE. Selanjutnya dilakukan pengambilan data yang dihasilkan oleh sensor MQ135 dan dibandingkan dengan alat pembanding yaitu *Air Quality Detector* dengan merk OEM YQKQJCY2200000 (Gambar 4). Dengan merekam setiap perubahan nilai PPM yang terjadi antara sensor MQ135 dengan alat pembanding, diketahui nilai koreksi dari alat yang dirancang.



Gambar 3. Alat Yang Dibuat dan Kontrol

Setelah mengetahui nilai koreksi, maka langkah selanjutnya yaitu mengatur sensor sehingga memiliki nilai atau memunculkan nilai ppm yang sama dengan alat pembanding yang tentunya dengan diberi perlakuan yang sama antara alat pembanding dengan alat yang dirancang. Setelah itu mengambil data di daerah pedesaan yang dapat dikatakan udaranya masih bersih (Panekan, Magetan) dan di daerah perkotaan yang memiliki udara yang cukup kotor (Jl, Ketintang).



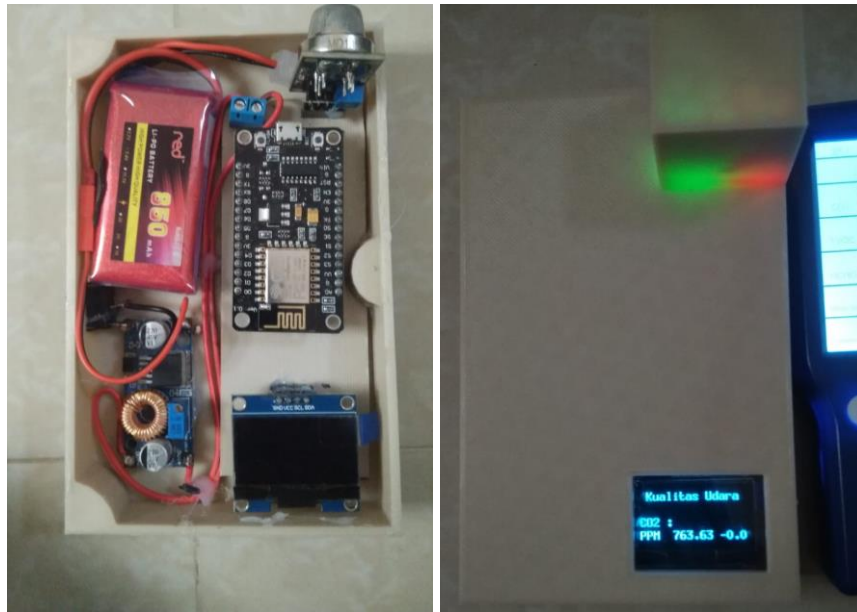
Gambar 4. A Diagram Alir Penelitian

b. Diagram Alir Alat Monitoring

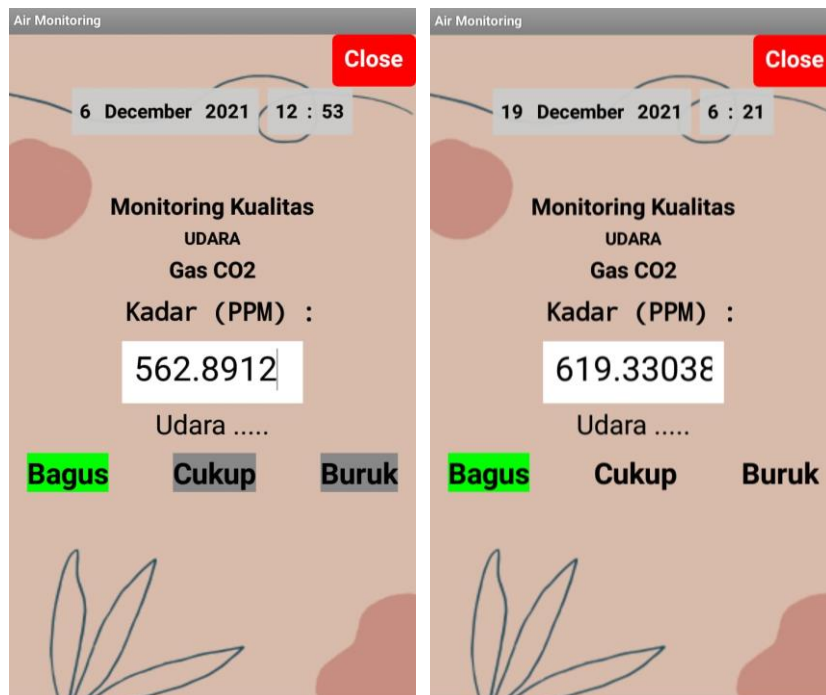
Dalam Gambar 4.b Diagram Alir Alat Monitoring dapat diketahui bahwa sensor mendeteksi gas sehingga terbaca pada mikrokontroler (Node MCU ESP8266) dan menampilkan hasil ppm pada OLED dan juga *smartphone* yang sudah terpasang aplikasi “*Air_Quality*”. Terdapat 3 kategori untuk nilai ppm CO₂ yaitu (Hareendran 2020) :

- Baik untuk kesehatan : 400 ppm - 750 ppm
- Cukup (Hati-hati) : 750 ppm - 1200 ppm
- Bahaya untuk Kesehatan : >1200 ppm

Di dalam aplikasi ini diatur diagram blok yang pada saat nilai ppm yang terbaca oleh sensor berkisar antara 400-750 ppm maka tertampil indikasi “Bagus” pada *smartphone*, pada kisaran 750-1200 ppm berindikasi “Cukup” dan pada lebih dari 1200 ppm akan terindikasi “Buruk”. Berikut adalah rancangan perangkat keras (Gambar 5) dan perangkat lunak (Gambar 6) pada alat monitoring kualitas udara.



Gambar 5. Perangkat Keras Alat Monitoring Kualitas Udara



Gambar 6. Tampilan Pembacaan Sensor pada *Smartphone*

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pembacaan Kualitas Udara CO₂ di Pedesaan

No	Alat Pemanding (ppm)	Sensor (ppm)
1.	552	562.89
2.	553	576.14
3.	521	550.03
4.	515	537.53
5.	515	525.39

6.	520	550.03
7.	516	537.53
8.	517	550.03
9.	521	550.09
10.	518	537.53
11.	517	550.03
12	520	562.89
Σ	6285	6590.11

Tabel 2. Hasil Pembacaan Kualitas Udara di Perkotaan

No	Alat Pemanding (ppm)	Sensor (ppm)
1.	615	619.33
2.	623	625.54
3.	635	633.26
4.	641	648.65
5.	649	658.63
6.	657	660.87
7.	658	664.51
8.	663	680.87
9.	678	686.72
10.	688	697.75
11.	695	706.47
12	703	715.16
Σ	7905	7996.76

Pembahasan

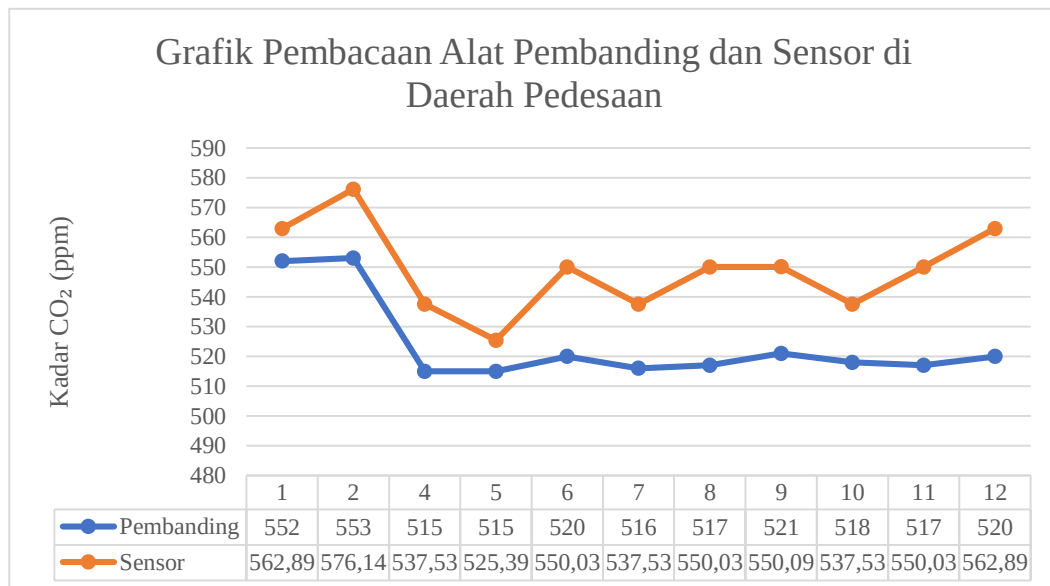
Penelitian ini telah menghasilkan prototipe alat monitoring kandungan CO₂ di udara. Alat ini dapat memonitor kadar CO₂ dalam satuan ppm kemudian menampilkan pembacaannya melalui layar OLED yang diposisikan di dalam alat, selain itu data kadar CO₂ juga ditransferkan pada aplikasi yang ada di *smartphone* sehingga memudahkan pengguna untuk memonitor kadar CO₂ yang ada di udara.

Alat ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontrolernya dan MQ-135 sebagai sensornya. Alasan menggunakan NodeMCU ESP8266 adalah harga yang cukup murah dibandingkan dengan mikrokontroler proyek IoT lain. Selain itu dibandingkan dengan *board* arduino yang harus dipasang modul wifi untuk bisa membuat proyek IoT, maka NodeMCU ESP8266 jauh lebih ekonomis. Meskipun harga lebih ekonomis namun NodeMCU ESP8266 sudah dilengkapi dengan modul wifi dan memiliki pinout yang mendukung sensor MQ-135 maupun OLED yang digunakan.

Penggunaan sensor MQ-135 dikarenakan sensor ini dapat bekerja dengan adanya perubahan hambatan sehingga cukup efektif untuk mengetahui besarnya kandungan ppm CO₂ yang terdeteksi.

Sensor MQ-135 ini tidak memerlukan daya listrik yang besar sehingga sensor ini cukup praktis serta memiliki daya tahan yang tinggi untuk memonitor bahaya polusi dari CO₂ yang ada di lingkungan sekitar (Akbar 2021).

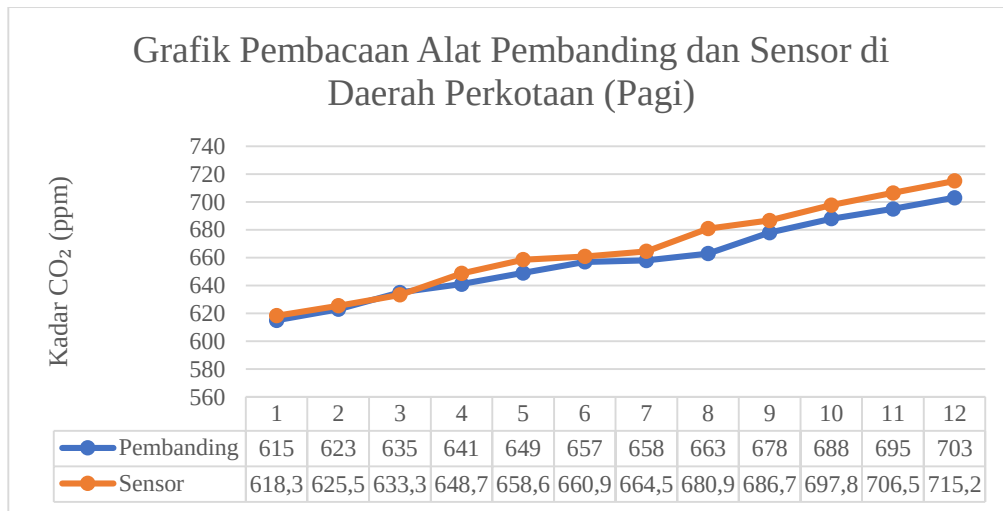
Berdasarkan hasil uji coba sistem monitoring udara diperoleh hasil seperti pada tabel 1 Data tersebut kemudian dibuat grafik untuk mengetahui sejauh mana ketelitian alat yang dibuat. Grafik perbandingan hasil pembacaan alat yang telah dibuat dengan alat standar dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Pembacaan Alat Pembanding dan Sensor di Daerah Pedesaan

Berdasarkan grafik di atas (Gambar 7) dapat diketahui bahwa pembacaan nilai ppm pada sensor (alat monitoring yang dibangun) lebih besar dibandingkan dengan alat pembanding “*Air Quality Detecor*”. Hal ini dikarenakan jenis sensor yang digunakan pada alat monitoring berbeda dengan pembanding sehingga tingkat sensitivitasnya juga berbeda. Pembacaan grafik yang naik turun dikarenakan pengukuran yang dilakukan di luar ruangan.

Parameter meteorologi berupa kecepatan angin, perubahan suhu udara maupun tingkat curah hujan serta kelembaban yang ada di sekitar lingkungan juga dapat mempengaruhi besarnya pembacaan kadar CO₂ oleh sensor MQ135 yang digunakan pada alat monitoring (Lisa A. 2019). Pengukuran yang dilakukan di luar ruangan dan dilakukan di daerah pedesaan dengan suhu yang rendah serta kelembaban yang cukup tinggi dapat menyebabkan pembacaan kadar ppm tidak stabil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 8. Grafik Pembacaan Alat Pembanding dan Sensor di Daerah Perkotaan

Hasil pengukuran kadar ppm CO₂ di daerah perkotaan relatif lebih besar dibandingkan di daerah pedesaan. Salah satu faktornya yaitu suhu yang semakin tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan adanya hubungan gas ideal pada volume udara dengan suhu, tekanan dan nomor molekul yang dapat diturunkan menjadi (Royal Ave 2011):

$$V_c = V_m * (T_m * P_{ref}) / (P_m * T_{ref}) \quad (2)$$

Dengan :

V_c : kadar CO₂ yang terdeteksi (ppm)

V_m : kadar CO₂ yang terukur (ppm)

T_{ref} : suhu acuan, biasanya 25°C

T_m : suhu yang terukur (°C + 273.15) dalam Kelvin

P_{ref} : tekanan acuan, biasanya 29.92 Hg

P_m : tekanan yang terukur (Hg)

Dari persamaan (2) diatas dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan dan suhu yang ada di lingkungan (yang terdeteksi) maka kadar ppm CO₂ juga semakin tinggi. Perbandingan antara hasil pembacaan sensor yang ada pada alat monitoring yang dibangun tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan alat pembanding “*Air Quality Detector*”. Hal ini dapat dipengaruhi dengan tekanan udara maupun suhu yang ada di lingkungan sekitar yang relatif konstan dalam beberapa waktu yang lama.

Hasil pembacaan sensor yang ada di *smartphone* sudah dapat tertampil sesuai dengan besarnya kadar yang dideteksi sensor yang tertampil pada *OLED display*. Waktu pengiriman dari besarnya kadar ppm yang tertampil pada *OLED display* menuju *smartphone* berkisar antara 1 detik. Hal ini dikarenakan pada program diatur *delay* selama 1000 ms sehingga data yang terbaca oleh sensor dapat dikirimkan secara utuh. Karena apabila waktu jeda/*delay* diperkecil modul NodeMCU ESP8266 *out of memory* sehingga data tidak dapat dikirimkan (Yuliansyah 2016)

Dengan menggunakan besarnya nilai-nilai yang ada pada data Tabel 1 maupun Tabel 2 dan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rata-rata pengukuran} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

$$\text{Simpangan baku} \quad \Delta x = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$\text{Ketidakpastian} \quad \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan : $\bar{x}$ = rata-rata pengukuran

x_i = kadar ppm baik alat pembanding atau sensor

n = banyaknya pengukuran

Δx = simpangan baku

dapat diketahui bahwa antara alat pembanding dengan alat yang dirancang saat dilakukan penelitian pada daerah yang cukup bersih udaranya memiliki taraf ketelitian berturut-turut 99.31% dan 99.32% dengan nilai rata-rata ppm alat yang dibangun adalah 549.18. Sedangkan di daerah perkotaan alat pembanding dan alat yang dibangun memiliki taraf ketelitian berturut-turut 99.87% dan 99.86% dengan rata-rata ppm alat yang dibangun sebesar 666.39.

D. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Alat yang dirancang mampu mendeteksi kadar PPM CO₂ yang ada di udara baik di pedesaan maupun di daerah perkotaan.
2. Hasil perbandingan dengan alat pembanding diketahui bahwa taraf ketelitian 95,4% pada daerah pedesaan, 98,8% pada daerah perkotaan dan hasil pembacaan ini juga mampu tertampil pada *smartphone* yang telah terpasang aplikasi monitoring kualitas udara.

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, Muhammad Firly. 2021. *Pemanfaatan Sensor MQ-135 Sebagai Monitoring Kualitas Udara Pada Aula Gedung Fasilkom*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Deka Hardika, Nurfiana. 2019. Sistem Monitoring Asap Rokok Menggunakan Smartphone Berbasis Internet of Things (IoT). *Explore - Jurnal Sistem Informasi dan Telematika X* (1), 75-82.
- Filson M. Sidjabat, Rijal Hakiki, dan Temmy Wikaningrum. 2019. Air Quality Monitoring In Industrial Estate (Case Study: Jababeka Industrial Estate, Cikarang). *Journal of Environment Engineering & Waste Management IV* (2), 50-58.
- Hafiiz Asshiddiqi Prabowo Jati, Danang Lelono. 2013. Deteksi dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Sensor Gas. *IJEIS III* (2), 147-156.
- Hareendran, T.K. 2020. *Codrey Electronics*. Accessed September 11, 2021.
<https://www.codrey.com/electronic-circuits/how-to-use-mq-135-gas-sensor/>.
- Jacqueline Waworundeng, Oktoverano Lengkong. 2018. Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT. *Cogito Smart Journal/ IV* (1), 96-103.
- Lisa A., Presli P S., Aulia N. K.,. 2019. Pengaruh Parameter Meteorologi Terhadap Konsentrasi CO₂ dan CH₄ di DKI Jakarta. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika VI* (2), 39-47.

- Michelle Gunawan, Riri Asyahira, Filson M Sidjabat. 2020. Evaluation of Ambient Air Quality Monitoring System in Jakarta: A Literatur Review. *Serambi Engineering* V (1), 842-851.
- Muhammad Mansur, Bayu Arief Pratama. 2014. Potensi Serapan Gas Karbondioksida (CO₂) Pada Jenis-Jenis Pohon Pelindung Jalan. *Jurnal Biologi Indonesia* X (2), 149-158.
- Pinout. 2020. Datasheet Cafe. *datasheetcafe.com*. Juni 17. Accessed November 4, 2021. <http://www.datasheetcafe.com/mq-135-pdf-datasheet-17666/>.
- Ramdan Satra, Abdul Rachman. 2016. Pengembangan Sistem Monitoring Pencemaran Udara Berbasis Protokol Zigbee dengan Sensor CO. *ILKOM Jurnal Ilmiah* VIII (1), 17-22.
- Rawal, Ramik. 2019. Air Quality Monitoring System. *International Journal Of Computational Science Engineering* IX (1), 1-9. <http://www.ripublication.com>.
- Royal Ave, Gays Mills. 2011. bapihvac. *www.bapihvac.com*. Mei 25. https://www.bapihvac.com/wp-content/uploads/2011/04/Altitude_Temperature_CO2_ALC.pdf.
- Ruslan, Norhafizah Binti. 2015. *Air Polution Index (API) Real Time Monitoring System*. Thesis, Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia: Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Sukmawati, Pariabti Palloan, Nasrul Ihsan. 2011. Studi Kualitas Udara Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika* VII (1), 47-58.
- Syaifullah, M Kilat Adinugroho. 2020. *Times Indonesia*. Edited by Ronny Wicaksono. Agustus 20. Accessed November 28, 2021. <https://www.timesindonesia.co.id/read/news/291935/sejuk-nan-asri-begini-potret-sumber-air-ngiliran-di-magetan>.
- Yuliansyah, Harry. 2016. Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* X (2), 68-77.