

Pembuatan Purwarupa Alat Ukur Konsentrasi CO₂ Berbasis NodeMCU ESP8266

Fitria Yudita⁽¹⁾, Dwiria Wahyuni^{(1,a)*} dan Nia Syafitri⁽²⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat, 78124

⁽²⁾Badan Riset dan Inovasi Daerah, Pontianak, Kalimantan Barat, 78111

E-mail:^{(a)*} dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id

Diterima (15 Juni 2023), Direvisi (23 Juli 2023)

Abstract. Carbon dioxide (CO₂) is the largest contributor to greenhouse gas emissions, resulting in an increase in global temperatures. Unfortunately, this knowledge is not yet widely known among the general public. Therefore, providing information on daily CO₂ levels can serve as a means to educate and raise awareness about the dangers associated with CO₂ levels. To simplify access to CO₂ concentration information, a prototype of a CO₂ concentration measurement device based on the NodeMCU ESP8266 microcontroller, which can be connected to Wi-Fi, has been developed. To ensure data accuracy, the CO₂ measurement device was calibrated using the NodeMCU ESP8266 microcontroller and data from an outdoor CO₂ monitoring instrument at the BRIN (BPAA Pontianak) office, with an error value of 4.08%. The collected data from this device can be accessed through the Blynk application or a Google Sheets link. The test results demonstrate that the device can provide CO₂ concentration levels with higher readings in areas characterized by high vehicle traffic, smoking, combustion activities, or a crowd of people.

Keywords: CO₂ concentration, NodeMCU ESP8266, Blynk, Prototype.

Abstrak. Karbondioksida (CO₂) merupakan kontributor terbesar terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca yang berdampak pada kenaikan suhu bumi. Sayangnya, hal ini belum diketahui secara luas oleh masyarakat umum. Oleh karena itu, memberikan informasi mengenai tingkat CO₂ harian dapat menjadi cara bagi masyarakat untuk memahami dan peduli terhadap bahaya tingkat CO₂. Untuk menyederhanakan akses informasi konsentrasi CO₂, telah dibuat prototipe alat pengukur konsentrasi CO₂ berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang dapat terhubung dengan jaringan Wi-Fi. Untuk menjaga akurasi data, alat pengukur konsentrasi CO₂ dikalibrasi menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan data dari alat pemantau CO₂ luar ruangan di kantor BRIN (BPAA Pontianak) dengan nilai galat sebesar 4,08%. Data yang terkumpul dari alat ini dapat diakses melalui aplikasi Blynk atau tautan Google Sheets. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu memberikan tingkat konsentrasi CO₂ dengan pembacaan yang lebih tinggi di area-area yang sibuk dengan kendaraan, banyak orang yang merokok, aktivitas pembakaran, atau kerumunan masyarakat.

Kata kunci: Konsentrasi CO₂, NodeMCU ESP8266, Blynk, Purwarupa.

PENDAHULUAN

Karbon dioksida (CO₂) menjadi penyumbang terbesar dalam peningkatan emisi gas rumah kaca sehingga berpengaruh terhadap suhu bumi yang meningkat sebesar 1°C [1]. *Carbon Dioxide Information*

Analysis Centre mengatakan bahwa lebih dari 400 miliar metrik ton CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer [2] akibat banyaknya konsumsi bahan bakar fosil, serta pembuatan semen. Jumlah tersebut akan terus meningkat seiring dengan kenaikan aktivitas industri lainnya [3]. Menurut *Carbon Brief*,

Indonesia berada pada urutan kelima sebagai negara penghasil emisi karbon kumulatif terbanyak di dunia yang mencapai 102,562 gigaton CO₂ pada tahun 2021 [4]. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya penggunaan kendaraan pribadi dan pengoperasian pabrik industri yang tinggi setiap harinya [5].

Upaya untuk mengurangi emisi CO₂ terus ditingkatkan antara lain dengan penggunaan kendaraan berbahan bakar listrik yang tidak menghasilkan emisi CO₂, serta melakukan reboisasi [6]. Upaya ini juga didukung pemerintah dengan pemberlakuan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 yang mengatur upaya penurunan gas rumah kaca oleh pelaku usaha [7]. Akan tetapi, meningkatnya penggunaan kendaraan umum maupun pribadi, pengoperasian pabrik industri, serta pembakaran limbah rumah tangga membuat upaya tersebut menjadi kurang signifikan [8]. Oleh karenanya, masyarakat perlu mendapatkan informasi tentang konsentrasi CO₂ harian untuk menghindari efek emisi pada tubuh, misalnya dengan menggunakan masker [9].

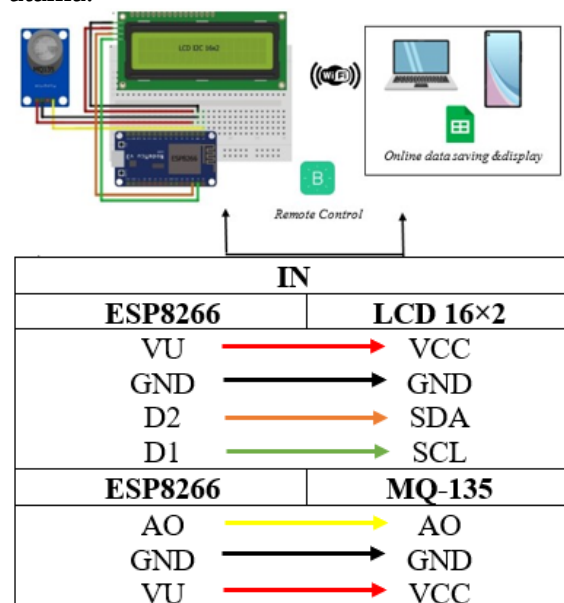
Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengukur konsentrasi CO₂, seperti menggunakan sensor HS-135 untuk mengukur konsentrasi CO₂ secara *indoor* dengan metode ionisasi [10], menggunakan mikrokontroler Arduino Uno secara manual dengan *relay* elektromagnetik [11]. Namun saat ini, penggunaan *Internet of Thing* (IoT) NodeMCU ESP8266 yang dilengkapi dengan Wi-Fi sebagai sistem pengendali suhu ruangan [12] menjadi salah satu teknologi yang modern. Oleh karenanya, dalam penelitian ini dibuat purwarupa alat ukur konsentrasi CO₂ dengan instrumen digital yang lebih praktis. Alat ini menggunakan NodeMCU ESP8266 yang sudah didukung dengan IoT sehingga mampu terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk memantau hasil yang diperoleh dari alat ukur konsentrasi CO₂ dari mana pun. Alat

ukur ini juga dapat digunakan secara *outdoor* sehingga praktis dalam penempatannya di lokasi pengukuran.

METODE PENELITIAN

Uji coba purwarupa dilakukan dengan mengambil data CO₂ pada 2 kondisi yang berbeda yaitu di jalur sepi kendaraan dan minim aktivitas masyarakat pada tanggal 1 Januari 2023, serta di jalur ramai kendaraan dan aktivitas pada tanggal 3 Januari 2023. Perbedaan lokasi pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan data bacaan alat dengan perbedaan signifikan. Data diambil pada hari yang berbeda karena alat yang digunakan sama adalah alat yang sama. Pengambilan data dilakukan dari jam 8.00 hingga 17.00 dengan rentang waktu bacaan data adalah 30 menit.

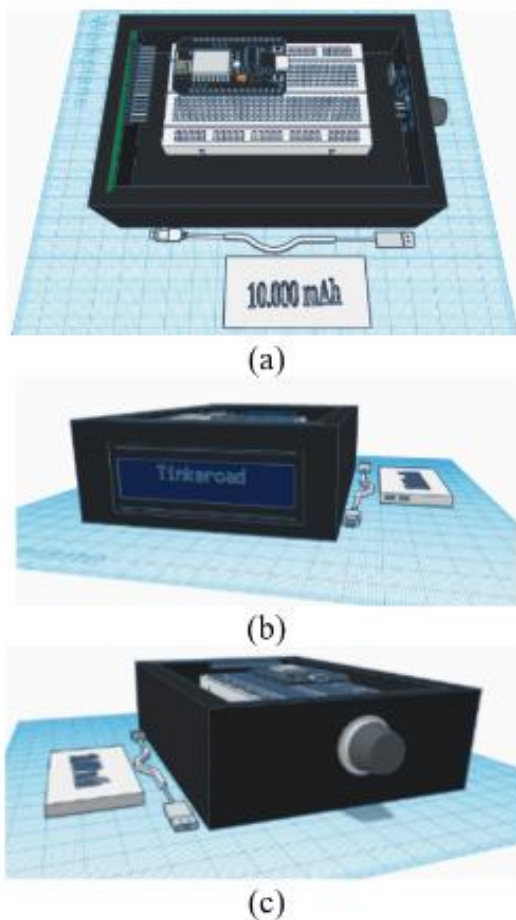
Pembuatan alat dilakukan dengan tahapan berupa pembuatan kemasan alat, pembuatan elektronik alat, pembuatan program alat pengujian alat, dan analisis data. Diagram blok pembuatan elektronik alat ditunjukkan pada **Gambar 1** terdiri dari sensor MQ-135, LCD 16×2 dan I²C, serta ESP8266 yang merupakan mikrokontroler utama.



Gambar 1. Diagram blok pembuatan piranti

Pin mikrokontroler ESP8266 dipasang ke pin LCD 16×2 agar hasil dari alat yang dibuat dapat ditampilkan secara manual [13]. Selain itu, pin mikrokontroler ESP8266 juga dipasang ke pin sensor MQ-135 agar mikrokontroler dapat memproses data saat sensor mendeteksi adanya konsentrasi CO₂ [14] di sekitar lokasi pengujian alat.

Pembuatan kemasan purwarupa dengan panjang 18,5 cm, lebar 6,5 cm, dan tinggi 11,5cm menggunakan bahan plastik dengan tujuan untuk mengantisipasi setiap komponen di dalam alat yang dibuat tidak terkena percikan air serta alat yang dibuat akan lebih ringan. **Gambar 2** menunjukkan pembuatan alat tampak atas dan depan belakang.



Gambar 2. Alat pengukur CO₂: (a) tampak atas, (b) tampak depan, (c) tampak belakang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem alat ukur konsentrasi CO₂ dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang bertugas untuk mengontrol pemroses data keseluruhan unit. Pembuatan elektronik dibuat dalam kotak plastik dengan panjang 18,5 cm, lebar 6,5cm, dan tinggi 11,5 cm. Kotak tersebut dilengkapi dengan atap, dan tiang yang ketinggiannya dapat diatur agar alat tetap aman walau dalam kondisi hujan. Tampilan fisik dari instrumen alat yang dibuat ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tampilan instrumen: (a) keseluruhan instrumen, (b) bagian dalam instrumen, (c) sisi LCD 16×2, (d) sisi belakang sensor MQ-135

Gambar 3 (b) sampai (d) menunjukkan instrumen tampak dekat. Pada bagian sisi depan terpasang sensor MQ-135 sebagai *input* untuk mendeteksi kualitas udara di sekitar lokasi pengambilan sampel, di sisi belakang terpasang *output* LCD+I₂C dengan ukuran 16×2 sebagai penampil data. Di bagian dalam kotak terpasang NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang

terhubung dengan LCD+I₂C, aplikasi Blynk, dan sensor MQ-135.



Gambar 4. Tampilan pembuka LCD saat alat dinyalakan

Untuk mengetahui alat yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengujian pada setiap komponen yang diawali dengan menguji LCD dengan menghubungkan alat ke *powerbank* sehingga layar LCD akan memunculkan tampilan pembuka seperti pada **Gambar 4**. Tampilan LCD deprogram pada perangkat lunak Arduino IDE. **Gambar 5** merupakan kode pemrograman untuk sistem unit *output* LCD.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // *** SETUP MODUL LCD ***

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0); // column 0, row 0

  lcd.print("CREATED BY :");

  lcd.setCursor(0,1); // column 0, row 1

  lcd.print("FITRIA YUDITA");

  delay(10000);
}
```

Gambar 5. Syntax untuk output pada LCD

Pemasangan aplikasi Blynk dilakukan dengan melakukan pemrograman pada Arduino IDE. **Gambar 6** menunjukkan *syntax* yang digunakan agar alat yang

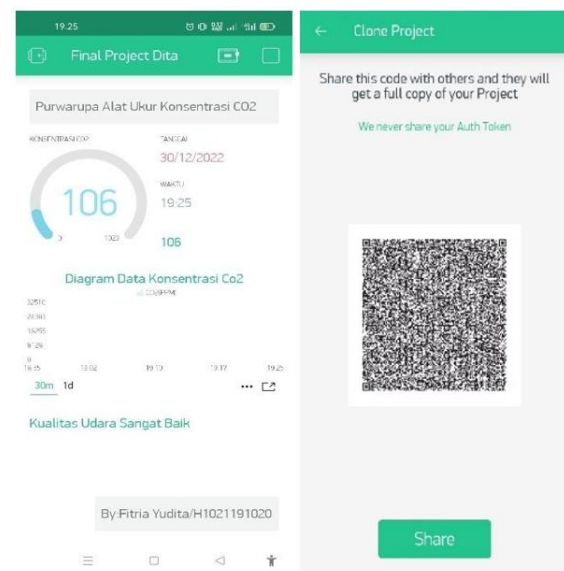
dirancang dapat terhubung dengan aplikasi Blynk untuk dibangun *project* yang menampilkan bacaan pengukuran CO₂ yang dapat diakses oleh pengguna.

```
// ..... SETUP BLYNK .....

Blynk.begin(auth, WiFi.SSID().c_str(),
  WiFi.psk().c_str(), "prakitblog.com",
  8181 );
```

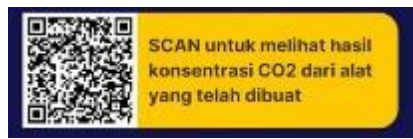
Gambar 6. Syntax aplikasi Blynk pada Arduino IDE

Agar pengguna dapat mengakses informasi yang dibaca alat seperti pada **Gambar 7**, maka dilakukan *data sharing* ke aplikasi Blynk lainnya dengan melakukan *cloning project* dengan melakukan pemindaian pada kode QR *project* pada aplikasi Blynk seperti pada **Gambar 7**. *Cloning project* akan menggandakan *data project* dari aplikasi Blynk milik *author* ke aplikasi Blynk lainnya bagi masyarakat umum.



Gambar 7. Tampilan bacaan alat pada aplikasi Blynk dan kode QR yang dapat dibagikan ke pengguna.

Opsi lain untuk melihat hasil konsentrasi CO₂ dari alat yang telah dibuat adalah dengan mengakses Google Sheet melalui kode QR pada **Gambar 8**.



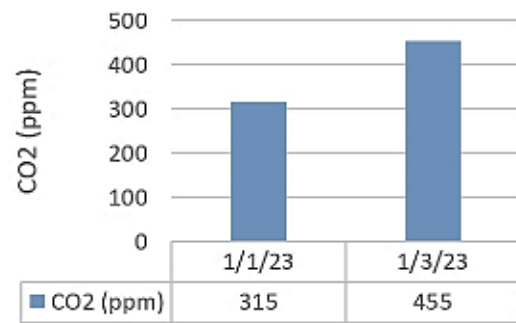
Gambar 8. Kode QR data Google Sheet

Untuk menjaga keakuratan data, dilakukan kalibrasi purwarupa dengan data dari alat ukur CO₂ komersial di kantor BRIN (BPAA Pontianak). Perbandingan data dari kedua alat beserta nilai galatnya ditunjukkan pada **Tabel 1**, dengan nilai galat rerata sebesar 4,08%.

Tabel 1. Hasil pengujian data CO₂ di luar ruangan dengan alat ukur komersial (x) dan purwarupa (y)

Data Acuan (x)	Data Observasi (y)	Selisih Data (x-y)	Nilai Error (%)
262	238	24	9,16
317	304	13	4,10
336	318	18	5,36
345	338	7	2,03
369	352	17	4,61
431	410	21	4,87
453	436	17	3,75
464	449	15	3,23
489	478	11	2,25
501	486	15	2,99
513	499	14	2,73
525	501	24	4,57
528	505	23	4,36
530	510	20	3,77
532	514	18	3,38
Rerata galat (%)			4,08

Untuk memastikan alat dapat berfungsi dengan baik, maka dilakukan pengambilan sampel data di jalur yang sepi dan jalur ramai kendaraan maupun orang yang berlalu-lalang di tanggal 1 Januari 2023 (jalur sepi) dan 3 Januari 2023 (jalur ramai). Hal ini penting untuk memastikan purwarupa yang dibuat dapat membaca besar nilai CO₂ yang sudah diketahui akan berbeda berdasarkan kondisi di lokasi. Hasil bacaan purwarupa terhadap nilai rerata CO₂ ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Rerata nilai CO₂ yang dibaca oleh purwarupa pada 2 hari yang berbeda

Analisis data konsentrasi CO₂ untuk tanggal 1 dan 3 Januari 2023 menunjukkan bahwa pada nilai konsentrasi CO₂ tertinggi terjadi pada tanggal 3 Januari 2023 dengan nilai rata-rata 455 ppm. Nilai tersebut termasuk ke dalam kategori cukup baik. Untuk rata-rata nilai konsentrasi CO₂ terendah terjadi pada tanggal 1 Januari 2023 yaitu 315 ppm. Hasil tersebut juga sesuai dengan keadaan saat mengambil sampel data mulai dari lokasi yang sepi hingga ramai.

Pembuatan alat ukur CO₂ sebelumnya pernah dilakukan dengan menggunakan sensor HS-135 [10]. Sensor ini memiliki ruang jangkauan deteksi yang luas [15]. Sistem tersebut memiliki sirkuit penggerak yang stabil, dan *output* pada LCD 16×2. Berbeda dengan alat tersebut, alat ukur konsentrasi CO₂ yang telah dibuat pada penelitian ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu dapat terhubung ke jaringan internet, *portable*, data yang dihasilkan merupakan data secara *realtime* yang dapat diakses secara daring melalui aplikasi Blynk dan *Google Sheet*, dan menggunakan sensor MQ-135. Jika dibandingkan dengan sensor HS-135, sensor MQ-135 jauh lebih unggul karena memiliki jangkauan deteksi yang luas, memiliki sensitivitas dan respons yang tinggi, dan sirkuit penggeraknya lebih stabil dan tahan lama. Akan tetapi, purwarupa ini membutuhkan harus menggunakan daya eksternal (10.000 mAh untuk penggunaan 72 jam) dan waktu stabilisasi antara 30 menit sampai dengan 24 jam.

KESIMPULAN

Purwarupa alat ukur konsentrasi CO₂ yang telah berhasil dibuat dengan menggunakan sensor MQ-135 dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dapat terhubung ke internet sehingga data terukur dapat diakses secara daring melalui aplikasi Blynk dan *Google Sheet*. Alat ukur yang dibuat bersifat *portable* dengan menggunakan daya 10.000 mAh yang tahan selama 72 jam. Nilai galat yang diperoleh dari alat ukur CO₂ yang dibuat dengan alat ukur komersial adalah sebesar 4,08%. Hasil uji alat menunjukkan bahwa lingkungan yang ramai menghasilkan bacaan kadar konsentrasi CO₂ yang lebih tinggi, sehingga dapat dikatakan alat ukur konsentrasi CO₂ yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik dan semestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Amaliyah and B. Solikhah, "Pengaruh kinerja lingkungan dan karakteristik corporate governance terhadap pengungkapan emisi karbon," *J. Econ. Manag. Account. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 129–141, 2019.
- [2] Hilmi, L. Puspitawati, and R. Utari, "Pengaruh kompetisi, pertumbuhan laba dan kinerja lingkungan terhadap pengungkapan informasi emisi karbon pada perusahaan," *Own. Ris. dan J. Akunt.*, vol. 4, no. 2, pp. 296–307, 2020.
- [3] D. Gilfillan and G. Marland, "CDIAC-FF: global and national CO₂ emissions from fossil fuel combustion and cement manufacture: 1751-2017," *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 13, no. 4, pp. 1667–1680, 2021.
- [4] Y. Chen, "How has ecological imperialism persisted? A marxian critique of the western climate consensus," *Am. J. Econ. Sociol.*, vol. 81, no. 3, pp. 473–501, 2022.
- [5] A. Y. Ramadhani and I. S. Fatimah, "Studi potensi kanopi pohon di kebun raya bogor dalam menyerap emisi karbondioksida dari kendaraan bermotor," *Lanskap Indones.*, vol. 5, no. 1, pp. 41–46, 2016.
- [6] A. S. Mulyani, "Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya," Universitas Kristen Indonesia, Jakarta, 2021.
- [7] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, *Sekr. Negara: Jakarta*, pp. 1–60, 2011.
- [8] M. A. Mudhofar, "Analisis kualitas udara ambien parameter CO dan CO₂ di terminal Jombor D.I Yogyakarta," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2023.
- [9] K. Kisielinski, S. Wagner, O. Hirsch, B. Klosterhalfen, and A. Prescher, "Heliyon Possible toxicity of chronic carbon dioxide exposure associated with face mask use , particularly in pregnant women , children and adolescents – A scoping review," *Heliyon*, vol. 9, no. 4, p. e14117, 2023.
- [10] W. N. Melo, S. Sompie, and E. K. Allo, "Rancang bangun alat pembersih udara dalam ruang tertutup dengan metode Ionisasi," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. 6, pp. 67–77, 2015.
- [11] Junaedy, Sajijah, Z. Azzahrah, and Idaryani, "Rancang bangun alat kontroling kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO₂ dalam ruangan

- berbasis mikrokontroler,” *J. Teknol. Komput.*, vol. 02, no. 02, pp. 216–222, 2022.
- [12] M. F. Wicaksono, “Implementasi modul wifi NodeMCU ESP8266 untuk smart home,” *J. Tek. Komput. Unikom-Komputika*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [13] A. Furqon, A. B. Prasetijo, and E. D. Widiyanto, “Rancang bangun sistem monitoring dan kendali daya listrik pada rumah kos menggunakan NodeMCU dan Firebase berbasis android,” *J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 18, no. 2, pp. 93–104, 2019.
- [14] A. Liandy, “Rancang bangun pemantauan gas berbahaya dan suhu pada ruangan melalui website berbasis Arduino,” Institut Teknologi Malang, 2017.
- [15] A. Mikiver, “Measurements of Air Ion Concentrations and Electric Field Strengths for HVDC Applications,” Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2017.

