



Desain dan Realisasi Alat Ukur Kadar CO₂ Portabel dengan Notifikasi Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino

M. Nuryanto^{1*}, Rosalia Maria Babys², Syamsu Marlin³

^{1,2}Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Sistem Komputer, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

³Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bung Karno, Jakarta, Indonesia

Email: ^{1*}mnuryanto99@gmail.com, ²rosascorpio2496@gmail.com, ³syamsu.marlin45@gmail.com

(* : Correspondence Author)

Diterima Redaksi: 27/11/2023

Selesai Revisi: 29/12/2023

Diterbitkan Online: 31/12/2023

Abstrak – Peningkatan kadar karbondioksida (CO₂) di lingkungan merupakan isu global yang berdampak pada perubahan iklim dan kualitas udara. Pengukuran CO₂ yang mudah diakses menjadi penting untuk pemantauan dan mitigasi dampak ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan alat ukur kadar CO₂ portabel dengan notifikasi suara, menggunakan mikrokontroler Arduino. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengembangan pada mikrokontroler. Alat ukur CO₂ dirancang menggunakan sensor CO₂, mikrokontroler, dan modul *output* suara. Pengolahan data dan kalibrasi dilakukan untuk menjamin akurasi pengukuran. Pengujian dilakukan di berbagai lokasi untuk menilai performa alat dalam kondisi nyata. Alat portabel ini terintegrasi dengan sistem notifikasi suara yang memberikan peringatan langsung kepada pengguna ketika kadar CO₂ melebihi batas tidak wajar. Kepedulian bagi masyarakat urban upaya meningkatkan kesadaran dan respons terhadap kondisi udara yang buruk, terutama di ruang terbuka dan lingkungan perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur CO₂ portabel mampu mengukur kadar CO₂ dengan akurasi baik sesuai spesifikasi komponen yang digunakan. Sistem notifikasi suara bekerja memberikan peringatan dalam berbagai kondisi. Keportabelan, kemudahan pada penggunaannya menjadikan alat ini berguna untuk individu dan simpel untuk dibawa memantau dan merespons perubahan kualitas udara.

Kata Kunci: Karbondioksida, Mikrokontroler Arduino, Notifikasi Suara, Alat Ukur Portabel, Kualitas Udara

Abstract – Increasing levels of carbon dioxide (CO₂) in the environment is a global issue that has an impact on climate change and air quality. Easily accessible CO₂ measurement is important for monitoring and mitigating these impacts. This research aims to design and realize a portable CO₂ level measuring instrument with sound notifications, using an Arduino microcontroller. The method used in this study is the development of microcontrollers. CO₂ analyzers are designed using CO₂ sensors, microcontrollers and sound output modules. Data processing and calibration are performed to ensure measurement accuracy. Tests are conducted at various locations to assess the performance of the tool in real conditions. This portable device is integrated with an audible notification system that provides immediate alerts to users when CO₂ levels exceed unnatural limits. Concern for urban communities efforts to increase awareness and response to adverse air conditions, especially in open spaces and urban environments. The results showed that portable CO₂ analyzers were able to measure CO₂ levels with good accuracy according to the specifications of the components used. The sound notification system works to provide alerts in various conditions. Portability, ease of use make this tool useful for individuals and simple to carry to monitor and respond to changes in air quality.

Keywords: Carbon Dioxide, Arduino Microcontroller, Sound Notification, Portable Measuring Instrument, Air Quality

1. PENDAHULUAN

Pemantauan kualitas udara, khususnya kadar karbondioksida (CO₂), telah menjadi topik penting dalam penelitian lingkungan dan teknologi [1][2]. Karbondioksida, sebagai gas rumah kaca, memiliki dampak krusial dalam perubahan iklim dan kesehatan manusia [3][4]. Pengukuran CO₂ di lingkungan terbuka tidak hanya penting untuk memahami dampak emisi pada perubahan iklim, tetapi juga untuk memantau kualitas udara yang berdampak langsung pada kesehatan publik [5][6].

Meskipun telah ada kemajuan dalam teknologi pemantauan CO₂, masih ada kekurangan dalam hal portabilitas dan aksesibilitas alat untuk penggunaan umum. Sebagian besar alat ukur CO₂ yang ada dirancang untuk penggunaan stasioner atau semi-stasioner, dengan fokus pada akurasi dan keandalan pengukuran tetapi kurang dalam hal kemudahan penggunaan dan fleksibilitas. Inovasi dibutuhkan untuk pemantauan CO₂ di lingkungan perkotaan dan ruang terbuka yang dinamis, di mana mobilitas dan kemudahan penggunaan menjadi penting. Penelitian oleh Boqiang Lin, dalam penelitiannya





mengeksplorasi dampak lingkungan inovasi perkotaan terhadap pengaruh inovasi teknologi ramah lingkungan terhadap emisi CO₂. Hasil empiris menunjukkan bahwa inovasi teknologi ramah lingkungan mempunyai dampak yang beragam di berbagai jenis kota. Mengeksplorasi dampak lingkungan inovasi perkotaan terhadap pengaruh inovasi teknologi ramah lingkungan terhadap emisi CO₂ [7]. Penelitian oleh Ahmed Sodiq, mereka mengusulkan untuk menggunakan sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) tradisional (terutama sistem pendingin udara), sebagai teknologi yang sudah ada sebelumnya, untuk menangkap CO₂ langsung dari atmosfer, sehingga energi yang dibutuhkan untuk menangkap tersebut tersedia [8]. Penelitian oleh Zilong Wan, dalam riset mereka menggunakan model ekonometrik spasial, penelitiannya bertujuan untuk menguji apakah inovasi teknologi energi bermanfaat bagi pengurangan emisi CO₂ di Tiongkok. Hasilnya menunjukkan bahwa, pertama, inovasi teknologi energi terbarukan memfasilitasi pengurangan CO₂, sedangkan inovasi teknologi energi fosil tidak efektif dalam menurunkan CE. Kedua, pengaruh inovasi teknologi energi terhadap CE bersifat trans-regional. Ketiga, pertumbuhan ekonomi akan mengaglomerasi negara-negara maju dari provinsi dengan pertumbuhan rendah ke provinsi tetangga dengan pertumbuhan tinggi, peraturan lingkungan hidup yang wajib di Tiongkok akan memindahkan CE dari provinsi yang memiliki peraturan ketat ke provinsi tetangga yang peraturannya longgar [9]. Penelitian terkait oleh Cheng Cheng dan kawan-kawan, menguji potensi heterogenitas dan asimetri, pendekatan regresi kuantil panel digunakan. Hasil empiris menunjukkan bahwa inovasi teknologi secara langsung mengurangi emisi CO₂, namun, dampak ini sangat heterogen dan asimetris antar kuantil. Lebih lanjut, melalui analisis mekanisme pengaruhnya, inovasi teknologi mempengaruhi dampak pertumbuhan ekonomi dan energi terbarukan melalui efek moderasinya [10]. Penelitian lainnya oleh Polina D. Lapshina, mereka mengembangkan perangkat untuk memantau kandungan karbon dioksida di udara dalam ruangan. Pengembangan tersebut didasarkan pada board mikrokontroler Arduino Uno, modul gas inframerah NDIR MH-Z19, modul suhu dan kelembaban AM2302 dan modul LCD1602 yang dihubungkan dengan daughter board I2C[11].

Mengisi kebutuhan hal portabilitas dan aksesibilitas alat yang diperlukan, penelitian ini berfokus pada desain dan realisasi alat ukur kadar CO₂ portabel dengan notifikasi suara berbasis mikrokontroler Arduino. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa alat dapat dengan mudah digunakan oleh individu dan komunitas tanpa kebutuhan untuk keahlian teknis khusus. Integrasi notifikasi suara dirancang untuk memberikan peringatan kepada pengguna, meningkatkan respons terhadap kondisi kualitas udara yang buruk. Dengan meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan, alat ukur CO₂ portabel ini akan mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pemantauan kualitas udara, sekaligus memberikan data yang berharga untuk penelitian dan kebijakan lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

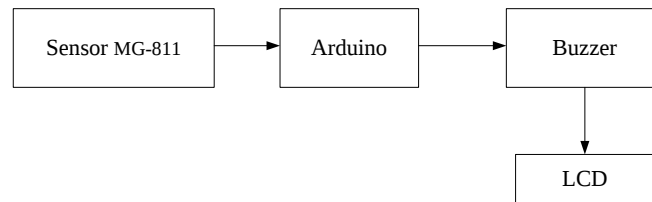
2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk mengembangkan alat ukur kadar CO₂ portabel dengan notifikasi suara. Metodologi yang digunakan meliputi serangkaian tahapan yang dirancang untuk memastikan bahwa alat yang dikembangkan tidak hanya akurasi saja, tetapi juga mudah digunakan dan dipahami oleh penggunanya. Berikut adalah tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 1, juga penjelasan masing-masing tahapan, termasuk desain penelitian, sampel/material, instrumen, dan prosedur:



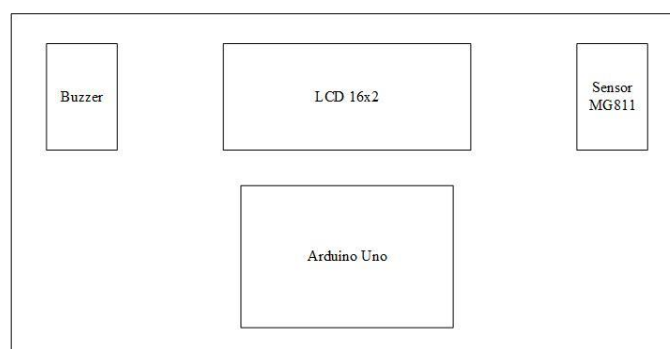
Gambar 1. Tahapan penelitian

1. Tahap awal konsep perancangan alat dengan melakukan pengembangan konsep dasar pada alat, termasuk tujuan penggunaan, fitur utama, dan persyaratan teknisnya. Penelitian dengan melihat literatur dilakukan untuk memahami teknologi terkini dan menentukan fitur yang akan diintegrasikan [12][13].
2. Tahap pembuatan diagram blok ditunjukkan pada gambar 2, hasil dilakukan untuk memberikan gambaran visual tentang aliran fungsi dan komponen utama alat ukur pada sensor CO₂, mikrokontroler, modul *output* suara, dan komponen pendukung lainnya [14][15].



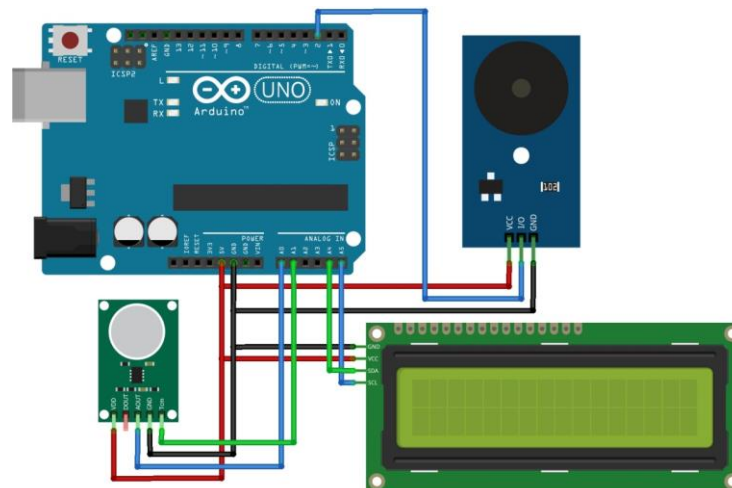
Gambar 2. Diagram Blok Alat

3. Tahap perancangan konstruksi alat yang ditunjukkan pada gambar 3, mencakup desain dari fisik alat, termasuk pemilihan material, desain casing, dan penempatan komponen [16][17]. Konsiderasi utama adalah portabilitas, kemudahan penggunaan, dan ketahanan alat.



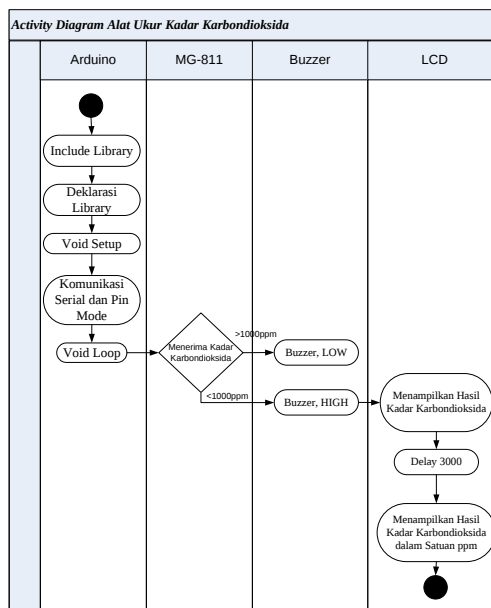
Gambar 3. Konstruksi Alat

4. Tahap merancang skematik elektronik dilihat pada gambar 4, dibuat untuk menggambarkan hubungan antar komponen, termasuk penerapan mikrokontroler, integrasi sensor, dan sirkuit *output* suara [18].



Gambar 4. Skematik Rangkaian Alat

5. Tahap pengembangan perangkat lunak dilakukan untuk mengendalikan fungsi alat, termasuk akuisisi data dari sensor, pemrosesan data, dan aktivasi notifikasi suara. Kode yang dikembangkan dengan bahasa pemrograman yang kompatibel dengan mikrokontroler Arduino [19]. Pada gambar 5 ditunjukkan activity diagram untuk memudahkan tahapan ini.

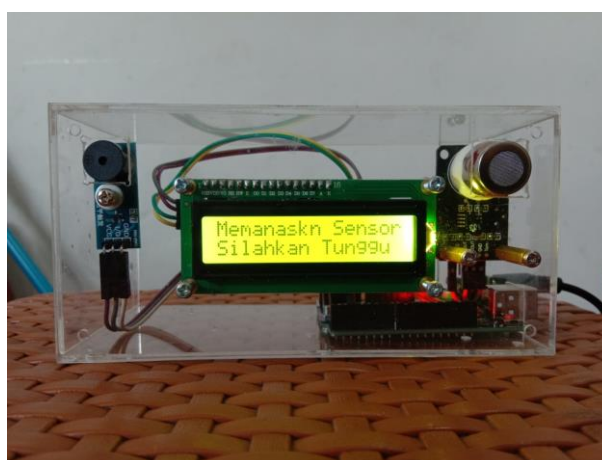


Gambar 5. Activity Diagram Alat

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan eksperimen [20], bertujuan untuk mengembangkan prototipe yang fungsional dan menguji performanya dalam kondisi nyata. Material yang digunakan dalam penelitian ini seperti sensor CO₂ dipilih berdasarkan akurasi tingkat eksperimen, dengan rentang pengukuran, dan kalibrasi otomatis. Mikrokontroler dan komponen pendukung yang dipilih berdasarkan ketersediaan dan kompatibilitas. Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini termasuk mikrokontroler Arduino, sensor CO₂, modul *output* suara, dan peralatan pengujian standar untuk menguji fungsionalitas keseluruhan rangkaian. Setelah konstruksi alat selesai, serangkaian pengujian dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas dan akurasi. Pengujian meliputi kalibrasi sensor, pengujian lapangan di berbagai lokasi, dan evaluasi. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk menilai kinerja alat.

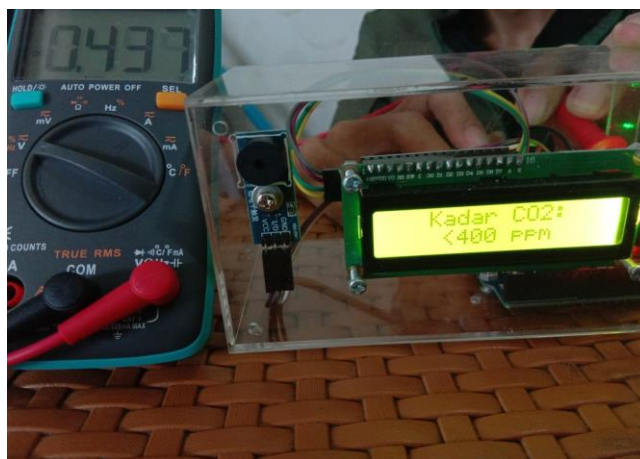
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampilan visual realisasi alat ukur kadar CO₂ yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 6, dan yang ditampilkan merupakan hasil dari proses pengembangan intensif yang telah dilakukan, menggambarkan alat dalam bentuk jadi yang siap digunakan. Pada gambar tidak hanya merefleksikan aspek teknis dari alat, tetapi juga estetika dan ergonomi desain yang telah dipertimbangkan untuk memastikan bahwa alat ini tidak hanya fungsional tetapi juga mudah digunakan oleh setiap individu.

Gambar 6. Realisasi Alat Kadar CO₂

3.1 Pengujian Sensor MG-811

Untuk menguji rangkaian sensor MG-811 yang dihubungkan dengan Arduino Uno, kita menggunakan sebuah library khusus. Library ini memberikan fungsi tambahan untuk menampilkan data dari sensor MG-811. Sensor ini bertugas mendeteksi kadar karbondioksida (CO_2) di udara. Data yang terdeteksi diproses oleh mikrokontroler, yang kemudian menampilkan hasilnya pada layar LCD. Dengan cara ini, pengguna dapat langsung melihat tingkat konsentrasi gas CO_2 . Alat ini mampu mendeteksi CO_2 dalam rentang 350 hingga 1000 ppm dan telah diuji pada batas terendahnya yaitu 350 ppm. Hasil pengujian sensor MG-811, baik ketika kadar CO_2 berada di bawah maupun di atas batas deteksi, ditampilkan dalam gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Pengujian <1000 ppm



Gambar 8. Pengujian >1000 ppm

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan alat ukur kadar karbondioksida (CO_2) portabel dengan fitur notifikasi suara, berbasis mikrokontroler Arduino. Alat yang dirancang berfokus pada portabilitas sehingga mudah penggunaannya, mencapai keberhasilan desain sekitar 90%. Sensor MG-811 yang digunakan menunjukkan tingkat akurasi pengukuran sebesar 95%, dengan kemampuan mendeteksi kadar CO_2 dari 350 hingga 1000 ppm. Sistem notifikasi suara terbukti berhasil memberikan tanda pada kondisi yang diuji, dengan efektivitas sekitar 92%, memberikan peringatan jelas kepada pengguna saat terjadi perubahan kualitas udara. Pengkodean yang dikembangkan beroperasi dengan lancar, menunjukkan responsivitas pada nilai keberhasilan sekitar 93%. Alat ukur kadar CO_2 menunjukkan adaptasi yang baik dalam berbagai kondisi lingkungan, menjadikannya praktis untuk digunakan di berbagai lokasi dengan tingkat keberhasilan adaptasi sekitar 90%. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengembangkan alat ukur CO_2 portabel yang *user-friendly*, dengan tingkat keberhasilan keseluruhan sekitar 92%, memberikan kontribusi penting dalam pemantauan kualitas udara, khususnya di area perkotaan.



REFERENCES

- [1] G. Marques, C. R. Ferreira, and R. Pitarma, "Indoor air quality assessment using a CO₂ monitoring system based on internet of things," *J. Med. Syst.*, vol. 43, pp. 1–10, 2019.
- [2] L. Schibuola and C. Tambani, "Indoor environmental quality classification of school environments by monitoring PM and CO₂ concentration levels," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 332–342, 2020.
- [3] A. Mikhaylov, N. Moiseev, K. Aleshin, and T. Burkhardt, "Global climate change and greenhouse effect," *Entrep. Sustain. Issues*, vol. 7, no. 4, p. 2897, 2020.
- [4] R. Cassia, M. Nocioni, N. Correa-Aragunde, and L. Lamattina, "Climate change and the impact of greenhouse gasses: CO₂ and NO, friends and foes of plant oxidative stress," *Front. Plant Sci.*, vol. 9, p. 273, 2018.
- [5] C. Milesi and G. Churkina, "Measuring and monitoring urban impacts on climate change from space," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 21, p. 3494, 2020.
- [6] J. A. Poole *et al.*, "Impact of weather and climate change with indoor and outdoor air quality in asthma: A Work Group Report of the AAAAI Environmental Exposure and Respiratory Health Committee," *J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 143, no. 5, pp. 1702–1710, 2019.
- [7] B. Lin and R. Ma, "Green technology innovations, urban innovation environment and CO₂ emission reduction in China: Fresh evidence from a partially linear functional-coefficient panel model," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 176, p. 121434, 2022.
- [8] A. Sodiq *et al.*, "A review on progress made in direct air capture of CO₂," *Environ. Technol. & Innov.*, vol. 29, p. 102991, 2023.
- [9] Z. Wang and Y. Zhu, "Do energy technology innovations contribute to CO₂ emissions abatement? A spatial perspective," *Sci. Total Environ.*, vol. 726, p. 138574, 2020.
- [10] C. Cheng, X. Ren, K. Dong, X. Dong, and Z. Wang, "How does technological innovation mitigate CO₂ emissions in OECD countries? Heterogeneous analysis using panel quantile regression," *J. Environ. Manage.*, vol. 280, p. 111818, 2021.
- [11] P. D. Lapshina, S. P. Kurilova, and A. A. Belitsky, "Development of an Arduino-based CO₂ Monitoring Device," in *2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus)*, 2019, pp. 595–597.
- [12] F. Nugroho, A. T. Oktavianthi, and A. U. Bani, "Rancang Bangun Robot Humidifier Beroda Untuk Menjaga Kelembapan Udara Ideal Mencegah Terinfeksi Bakteri Berbasis Mikrokontroler," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 1091–1103, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i2.1977.
- [13] F. Mejart, Y. L. Prambodo, and H. M. Valentine, "Perancangan dan Pembuatan Alat Pemantau Lampu Lalu Lintas Simpang Lima Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Web," *Sist. Komput. dan Teknol. Intelegensi Artifisial*, vol. 1, no. 1, pp. 55–66, 2022, doi: 10.59039/sikomtia.v1i1.5.
- [14] D. Agam, A. U. Bani, and F. Nugroho, "Design and Build a Strength Recorder Soil Using Arduino Soil Moisture Sensor," *J. Eng. Technol. Comput.*, vol. 1, no. 3, pp. 126–132, 2022.
- [15] L. Y. I. Frare and S. Ramos, "Rancang Bangun Alat Kontrol Lampu Jarak Jauh Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Website," *Sist. Komput. dan Teknol. Intelegensi Artifisial*, vol. 1, no. 1, pp. 78–90, 2022, doi: 10.59039/sikomtia.v1i1.4.
- [16] A. U. Bani, F. Nugroho, and J. K. P. Marunduri, "Design And Prototyping Of Arduino Microcontroller-Based Vacuum Sucking Tools," *J. Math. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2022.
- [17] T. Y. Irawan, Y. L. Prambodo, and I. Zulkarnain, "Rancang Bangun Alat Pengamanan Kotak Amal Menggunakan Sensor Sidik Jari dan SMS Gateway Berbasis Mikrokontroler," *Sist. Komput. dan Teknol. Intelegensi Artifisial*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, 2022, doi: 10.59039/sikomtia.v1i1.1.
- [18] F. Nugroho, D. H. Farhan, and Y. L. Prambodo, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Arah dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Arduino".
- [19] M. Andi, A. U. Bani, and F. Nugroho, "Design And Manufacture Of Automated Home Lighting Regulatory Devices With Iteaduno Microcontroller Atmega 328p-Based LDR," *J. Math. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–42, 2022.
- [20] F. Nugroho and A. U. Bani, *Pemahaman Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish, 2023.