

Identifikasi Hubungan Antara Konsentrasi Gas Karbon Dioksida Terhadap Persentase Efek Plasebo di Daerah Sumber Emisi

Ni Ketut Anggriani¹, Arif Budianto^{2*}, Kasnawi Al Hadi³, Alfina Taurida Alaydrus⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Received: 19 October 2024

Revised: 05 December 2024

Accepted: 13 December 2024

Corresponding Author:

Arif Budianto

abudianto@unram.ac.id

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.27851>

Abstract: Gas karbon dioksida adalah salah satu jenis emisi udara yang dapat berasal dari berbagai sistem pembakaran. Gas karbon dioksida juga dapat dihasilkan dari hembusan udara sisa pernapasan manusia. Hal yang menarik adalah indikasi hubungan antara perubahan metabolisme tubuh dengan konsentrasi karbon dioksida yang dihembuskan oleh sistem pernapasan manusia. Di sisi lain, terdapat limitasi perkembangan teknologi di bidang pendeteksian konsentrasi gas karbon dioksida di dalam udara pernapasan sebagai biomarker akan keberadaan kondisi psikologi tertentu, seperti pada kasus plasebo (placebo effect). Oleh sebab itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara tingkat atau besar konsentrasi emisi udara jenis CO₂ dengan persentase kasus plasebo di masyarakat yang berada di daerah emisi. Penelitian dilakukan terhadap 90 sampel nafas di tiga sumber emisi yang berbeda, yakni E1, E2, dan E3. Kondisi plasebo diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yakni PLS(-), PLS(+), dan PLS(+N) dengan kondisi psikologi yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengukuran konsentrasi gas karbon dioksida berbasis sensor MG-811 dapat digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara besar konsentrasi emisi terhadap persentase plasebo. Ketiga daerah sumber emisi menghasilkan emisi CO₂ dengan konsentrasi yang bervariasi, yaitu berkisar 740 ppm hingga 790 ppm yang jauh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi kontrol (< 405 ppm). Sejalan dengan hal ini diperoleh tingkat persentase plasebo yaitu PLS(+). Hasil tersebut menyimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi emisi, maka semakin tinggi persentase kejadian plasebo (PLS(+)). Semakin rendah tingkat konsentrasi emisi CO₂, maka semakin rendah persentase plasebo di masyarakat yang menjadi sampel.

Keywords: karbon dioksida; emisi udara; plasebo; sensor MG-811; sumber emisi.

Pendahuluan

Udara merupakan salah satu kebutuhan penting bagi seluruh manusia dan juga makhluk hidup lainnya. Kebersihan akan udara berdampak bagi kesehatan dan juga lingkungan. Selain itu, udara bersih yang berkualitas dapat menghindarkan makhluk hidup khususnya manusia dari berbagai macam gangguan kesehatan, mulai dari masalah pernapasan yang ditimbulkan oleh adanya polutan, bakteri, dan virus yang terdapat di udara (Zubaydah et. al., 2024). Pencemaran udara sangat beragam, dapat berbentuk *aerosol* dan *non-bioaerosol*. Dalam segi bentuk, maka

polutan ini dapat difragmentasikan menjadi *particulate matter* dan gas yang bersifat saling ambivalen (Budianto et al., 2023; Ferguson et. al., 2021). Manusia yang tinggal di tempat yang rawan polusi udara relatif kurang mampu secara langsung mendeteksi adanya polutan yang dapat membahayakan kesehatan ataupun keselamatan (Wellid et. al., 2024). karena tidak semua gas polutan dapat tercium oleh indera penciuman manusia (Pratiwi et. al., 2020)

Salah satu jenis emisi udara dalam bentuk gas adalah karbon dioksida atau CO₂. CO₂ memiliki peranan penting dalam pernapasan manusia, terutama

How to Cite:

Anggriani, N.K., Budianto, A., Hadi, K.A., & Alaydrus, A.T. (2024). Identifikasi Hubungan Antara Konsentrasi Gas Karbon Dioksida Terhadap Persentase Efek Plasebo di Daerah Sumber Emisi. *Kappa Journal*, 8(3), 338-343. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i3.27851>

dalam mengatur laju pernapasan. CO₂ yang dihasilkan melalui pernapasan dapat men-*trigger* otak untuk mengatur frekuensi dan kedalaman pernapasan, kemudian memastikan bahwa tubuh menerima asupan oksigen yang cukup dan mengeluarkan gas CO₂ dengan jumlah yang sama ketika menghirup oksigen. Dalam sudut pandang medis, gas CO₂ tergolong gas beracun apabila berada dalam konsentrasi tinggi (Bierwirth et. al., 2021). Selain itu, gas CO₂ dapat mengakibatkan sesak napas akibat kekurangan oksigen. Dampak lain dari paparan berlebih gas CO₂ adalah iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan (Bierwirth et. al., 2019).

Peningkatan kadar gas CO₂ dapat berkorelasi dengan kondisi lingkungan tempat tinggal dan berimplikasi dengan perubahan suasana hati dan tingkat kecemasan pada seseorang. Dalam sudut pandang psikologi klinis, hal ini dapat mempengaruhi tingkat kesejahteraan psikologi secara individu (Arsyad & Yana, 2023). Terdapat indikasi kaitan antara tingkat stress dengan kondisi gas CO₂ yang berada di sekitar lingkungan tempat tinggal dan dampaknya terhadap kesehatan mental seseorang (Wibhowo, 2023). Untuk dapat menentukan bahwa seseorang membutuhkan *treatment* psikologi klinis biasanya menggunakan metode seperti wawancara dan observasi *anamnesis* (Purwandari, 2020). Salah satu konsep penting dalam psikologi klinis adalah efek plasebo (*placebo effect*). Efek plasebo terjadi apabila seseorang merasa lebih baik setelah menerima perlakuan yang sebenarnya dan tidak memiliki efek terapeutik atau penanganan medis (Hari, 2024).

Efek plasebo adalah kondisi perasaan seseorang yang menunjukkan bahwa pikiran dan keyakinan dapat mempengaruhi kondisi fisik seseorang (Hari, 2024). Dalam kaitannya terhadap peningkatan kadar gas CO₂, tubuh dapat merasakan perubahan fisik seperti sakit kepala, kelelahan, atau bahkan sesak napas. Kondisi ini dapat mempengaruhi kesehatan secara keseluruhan dan dapat memperkuat persepsi dan apersepsi seseorang terhadap gejala tertentu. Dalam hal ini, efek plasebo berperan dalam mengurangi perasaan tidak nyaman yang timbul dari kondisi lingkungan seperti peningkatan gas CO₂ (Purwandari, 2020).

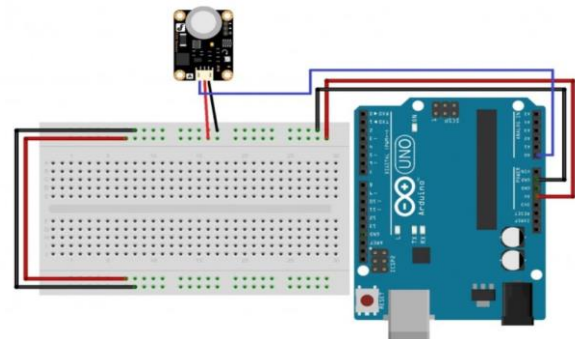
Pengukuran gas CO₂ di dalam mitigasi kualitas udara memiliki urgensi tinggi untuk dilakukan dan dikembangkan. Adapun hal yang mendukung terkait pengukuran gas CO₂ adalah banyaknya sensor yang sudah dikembangkan. Di sisi lain, kebanyakan sensor memiliki tingkat sensitivitas yang terbatas terhadap beberapa jenis gas (kurang selektif dan sensitif), respon yang lambat (*slow response time*), dan tidak stabil (*unstable*) dalam kondisi tertentu (Wardoyo et al., 2022). Hal lain yang melatarbelakangi penelitian ini yakni

belum adanya proses analisis dan identifikasi terkait efek plasebo yang dirasakan pada masyarakat dengan aproksimasi pengukuran gas CO₂. Kemudian diketahui terdapat *gap of knowledge* terkait belum adanya pengembangan teknologi e-nose untuk identifikasi dan prediksi efek plasebo di dalam udara pernapasan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan korelasi antara tingkat konsentrasi gas karbon dioksida terhadap efek plasebo pada masyarakat yang tinggal di sekitar daerah sumber emisi karbon dioksida berbasis e-nose dari sensor MG-811. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa korelasi antara tingkat polusi gas CO₂ terhadap efek plasebo yang dirasakan oleh masyarakat sekitar dan *datasheet* atau kurva *trendline* bagi teknologi pengembang sensor, terutama terkait pendeteksian kadar atau konsentrasi gas CO₂ dan *preliminary study* terkait pendeteksi non klinis efek plasebo terhadap riwayat penyakit tertentu.

Metode

Desain Sistem Pengukuran Gas CO₂

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan (*power supply*) sebesar 12 Volt untuk menyalakan mikrokontroler (Arduino UNO). Selain itu, untuk menyalakan *relay* dan LCD digunakan tegangan sebesar 5 Volt yang diperoleh dari regulator dan *step down* LM-2596. Adapun fungsi *relay* yang digunakan dalam hal ini adalah sebagai pengontrol nyala pompa *input* (pompa 1) dan pompa *output* (pompa 2) sistem. Pada mikrokontroler digunakan pin D₁₂ dan D₁₃ untuk menghubungkan *relay* dengan pompa. LCD digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran dengan menggunakan pin A₄ (*serial data*) dan A₅ (*serial clock*). Penelitian ini menggunakan sensor MG-811 yang dihubungkan di pin A₀ mikrokontroler (**Gambar 1**).



Gambar 1. Skematik sistem pengukuran CO₂ berbasis sensor MG-811

Kalibrasi

Kalibrasi sistem dilakukan menggunakan HEPA filter untuk menghasilkan sampel udara bersih (konsentrasi gas CO₂ alami sebesar 400 ppm yang diukur menggunakan gas *analyzer* SICA). Kalibrasi ini dilakukan menggunakan *suction pump* dengan laju alir

(v) sebesar 0,9 m/s yang dihubungkan dengan *input* dari *exposure chamber* dengan volume (V_{ec}) $4,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ menggunakan selang PTFE (politetrafluoroetilena) yang didekatkan dengan *pneumatic connector* (luas penampang (A) sebesar $5,02 \times 10^{-5} \text{ m}^2$) dan pada output *exposure chamber*. Udara hasil keluaran kemudian dialirkan menuju sistem pengukuran. Data hasil pengukuran tegangan (V_{out}) keluaran sensor yang berasal dari pin A_0 dicatat (data analog sensor), data tersebut dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan dengan satu kali pengulangan terdapat 20 data (per interval waktu sampling $t_s = 5 \text{ s}$, dengan waktu total 100 s) menggunakan persamaan (1-2). Data keluaran sensor merupakan bilangan analog (tanpa satuan) sebesar 0 hingga 1023 (1024 karakter yang berasal dari resolusi ADC internal 10 bit atau 2^{10}), sedangkan V_{ref} sebagai tegangan referensi yang digunakan (5,92 Volt) untuk perhitungan konsentrasi hitung CO_2 (C_{hitung}) dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$V_{out} = \frac{\text{data analog sensor}}{V_{ref}} \times 1023 \quad (1)$$

$$C_{hitung} = 3,3 \times V_{out}^2 = 328066 \quad (2)$$

Pengukuran Konsentrasi CO_2 di Sumber Emisi

Pengukuran konsentrasi dari gas CO_2 dilakukan terhadap tiga daerah sampel penghasil emisi, yakni titik E1, E2, dan E3 yang berada di sekitaran kota Mataram. Ketiga lokasi ini dipilih berdasarkan hasil observasi awal yang menunjukkan bahwa adanya aktivitas pembakaran sisa hasil pertanian. Ketiga lokasi tersebut terpisah sejauh 1 km hingga 2 km. Arah dan kecepatan angin menjadi salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi penyebaran gas CO_2 , sehingga pengukuran CO_2 dilangsungkan pada waktu yang bersamaan dan menjadikan arah serta kecepatan angin menjadi variabel kontrol (nilai relatif tetap).

Kuantifikasi dan Pembuatan Profil *Plasebo Effect*

Pembuatan profil efek plasebo didasarkan pada pengujian awal menggunakan 90 sampel nafas orang dengan beragam kondisi kesehatan (*gold references*). Nilai tegangan sensor yang didapatkan kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan plasebo, yakni:

- PLS(-) : Orang tanpa riwayat penyakit, tidak sedang sakit (30 sampel).
- PLS(+)*P* : Orang dengan riwayat atau tanpa riwayat penyakit, sedang sehat atau merasa tidak sehat tetapi fisik terlihat sehat, tidak stress, tidak depresi, tidak mengalami gangguan emosional atau kecemasan dan tidak mengkonsumsi makanan atau minuman yang menyengat, serta

tidak merokok kurang dari 30 menit (30 sampel).

- PLS(+)*N* : Orang dengan riwayat atau tanpa riwayat penyakit, sedang merasa tidak sehat namun secara fisik terlihat kurang atau tidak sehat, mengalami gangguan kecemasan, dan stress (30 sampel).

Kuantifikasi persentase fenomena plasebo dapat dihitung menggunakan persamaan (3-5), yang mana jumlah sampel yang digunakan sebagai populasi sejumlah 90.

$$\%PLS(-) = \frac{\sum PLS(-)}{\sum Populasi} \times 100\% \quad (3)$$

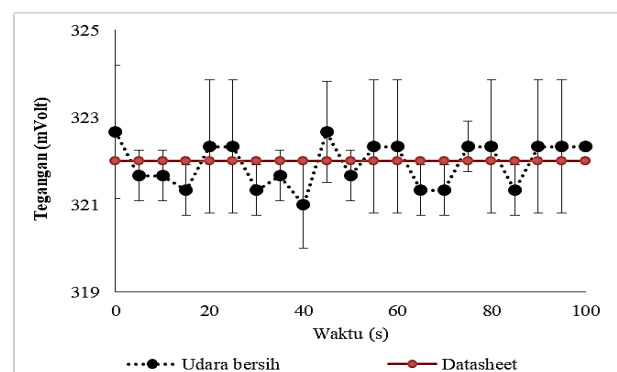
$$\%PLS(+)*P* = \frac{\sum PLS(+)*P*}{\sum Populasi} \times 100\% \quad (4)$$

$$\%PLS(+)*N* = \frac{\sum PLS(+)*N*}{\sum Populasi} \times 100\% \quad (5)$$

Hasil dan Pembahasan

Kalibrasi

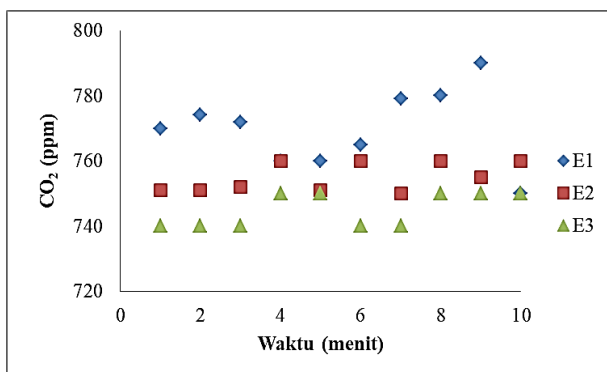
Hasil dari kalibrasi ditunjukkan pada **Gambar 2** berikut. Hasil kalibrasi telah sesuai dengan nilai yang tertera di dalam *datasheet*, di mana pada pengukuran udara *ambient* menggunakan udara terfilter seharusnya bernilai tegangan 322 mVolt atau setara dengan 405 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor yang telah dipanaskan selama lebih dari 30 menit (*burning time*) telah bekerja sesuai dengan kondisi aslinya dan memiliki sensitivitas yang baik terhadap pembacaan gas CO_2 . Dapat dilihat pada kurva tersebut, di mana nilai ini sangat stabil dari awal pembacaan hingga menit akhir pembacaan. Setelah dianalisis dalam konversi *analog to digital* mikrokontroler, juga didapatkan nilai pembacaan konsentrasi di bawah 405 ppm yang merujuk pada nilai ambang batas normal.



Gambar 2. Kurva kalibrasi sensor dalam *chamber* tertutup

Pengukuran Konsentrasi CO₂

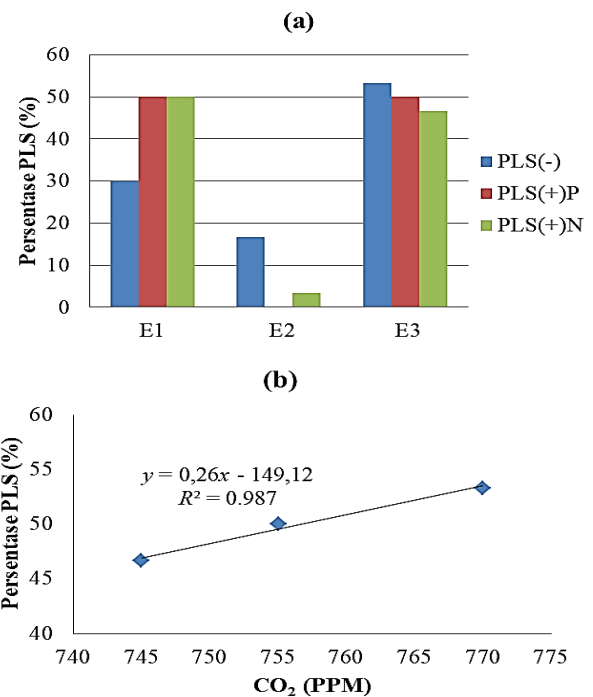
Pengukuran yang telah dilakukan di tiga lokasi sumber emisi yang berbeda menunjukkan konsentrasi yang berbeda-beda pula. Pada lokasi E1, atau lokasi pertama, terdapat fluktuasi konsentrasi CO₂ yang tak terlampaui jauh, yakni berkisar antara 750 ppm hingga 790 ppm. Pada lokasi E2, konsentrasi emisi CO₂ yang berhasil diukur sebesar 750 ppm hingga 760 ppm. Pada lokasi terakhir, E3, konsentrasi emisi yang terukur bernilai 750 ppm hingga 760 ppm. Adapun rerata konsentrasi emisi CO₂ di ketiga lokasi tersebut sebesar 770 ppm (**Gambar 3**). Hasil tersebut juga tidak terpengaruh kecepatan maupun arah angin, mengingat kondisi pengukuran dilakukan menghadap ke sumber emisi dan menyesuaikan arah mata angin. Adapun besar kecepatan angin terpantau konstan (tidak mengalami perubahan yang cukup berarti).



Gambar 3. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ di daerah sumber emisi

Persentase Plasebo

Hasil pengukuran dari konsentrasi emisi CO₂ menunjukkan bahwa daerah E1 memiliki tingkat konsentrasi tertinggi (750 ppm hingga 790 ppm, rata-rata sebesar 770 ppm). Adapun daerah kedua memiliki konsentrasi emisi yang tidak berbeda jauh dengan E3 (740 ppm hingga 760 ppm). Adanya kesamaan konsentrasi E2 dan E3 ini didukung oleh tingkat persentase plasebo PLS(+)_N yang cukup identik (60%) (**Gambar 4a**). Di sisi lain, hasil perhitungan pada sampel pertama, E1, memiliki rentang plasebo PLS(-) yang kecil, namun memiliki persentase PLS (+)_N yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan E2 dan E3 (>70%).



Gambar 4. (a) Analisis persentase plasebo di daerah sumber emisi; dan (b) Hubungan antara konsentrasi gas CO₂ dengan persentase plasebo

Hasil pada **Gambar 4b** ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi CO₂ sebagai emisi udara, maka peluang terjadinya kasus plasebo semakin tinggi ($R^2 > 0,90$).

Hasil penelitian menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi CO₂ di daerah sampel sumber emisi. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sistem pengukuran yang dikembangkan menggunakan sensor MG-811 terbukti memiliki performa yang baik setelah dilakukan proses kalibrasi. Mengacu pada sebuah penelitian, diketahui bahwa karakteristik statis dari sebuah sensor akan dipengaruhi oleh proses kalibrasi, *burning time*, dan rentang pengukuran (Amsar et al., 2020). Penelitian tersebut juga menunjukkan pentingnya *burning in* dengan periode tertentu untuk memastikan jangkauan pengukuran dihasilkan sesuai dengan data pada *datasheet*. Saat dikomparasikan dengan alat komparator, kinerja sistem yang didesain ini juga memiliki linearitas yang baik ($R^2 > 0,90$).

Penelitian Kautsar et al. (2024) menunjukkan bahwa performa sensor juga dipengaruhi oleh sumber emisi dan karakteristik sumber emisi yang digunakan. Penelitian tersebut menggunakan beberapa sumber emisi seperti asap rokok, sistem gas buang kendaraan bermotor (bensin), dan penggunaan korek api. Dalam pengujian yang dilakukan dengan membandingkan tegangan keluaran pada sensor gas ketika tidak ada gas dan ketika terdeteksi gas di udara. Dari hasil percobaan, diperoleh bahwa asal gas yang berasal dari asap rokok mengandung 0,05 ppm, knalpot sepeda

motor mengandung 707,92 ppm, dan gas korek api mengandung 0,29 ppm. Hasil ini juga sesuai dengan pengukuran yang telah dilakukan di dalam penelitian ini, di mana pada ruang area parkir yang dilalui banyak kendaraan bermotor memiliki emisi sebesar 750 hingga 770 ppm. Dengan kata lain, dapat diindikasikan bahwa penurunan kualitas udara bersumber dari emisi kendaraan bermotor berdasarkan pada bahan bakar fosil yang mampu melepaskan sejumlah polutan ke atmosfer. Sehingga menyebabkan masalah kesehatan, efek rumah kaca, dan pencemaran udara. Fakta ini juga didukung oleh sebuah penelitian yang dilakukan oleh Marlina et al. (2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Marlina et al. (2023) menginterpretasikan hubungan antara kualitas udara *indoor* terhadap kejadian *sick building syndrome* pada pekerja perkantoran. Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa masalah polusi udara di dalam ruangan dihadapi oleh sekitar 400 hingga 500 juta orang dengan tingkat kematian mencapai 3 juta akibat polusi udara. Konsentrasi CO₂ pada ambang batas 700 ppm tidak boleh dilampaui. Paparan CO₂ yang tinggi pada kualitas udara buruk seperti berdebu, pengap, udara kering, dan bau tidak sedap dapat menyebabkan pusing, sakit kepala, mual, iritasi hidung, tenggorokan kering, *dyspnea*, dan rasa tidak enak. Penelitian tersebut sesuai dengan hasil yang didapatkan di dalam penelitian ini, di mana pada ruang dengan emisi CO₂ >700 ppm memiliki persentase PLS(+)_N yang cukup tinggi dibandingkan ruang bersih. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Widodo et al. (2017), kandungan gas CO₂ dalam udara bersih sebesar 310 hingga 330 ppm, sedangkan pada udara tercemar kandungan gas CO₂ yaitu > 350 ppm. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar gas CO₂ maka nilai tegangan pada sensor juga akan semakin tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar gas CO₂ akan berbanding lurus dengan tegangan keluaran sensor.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem pengukuran konsentrasi gas karbon dioksida berbasis sensor MG-811 dapat digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara besar konsentrasi emisi terhadap persentase plasebo. Sistem pengukuran berhasil dikalibrasi dengan udara bersih, dengan konsentrasi CO₂ <405 ppm. Ketiga daerah sumber emisi menghasilkan emisi CO₂ dengan konsentrasi yang bervariasi, antara 740 ppm hingga 770 ppm, yang jauh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi kontrol (< 405 ppm). Semakin tinggi konsentrasi emisi, semakin tinggi persentase kejadian plasebo (PLS(+)_N). Semakin rendah tingkat konsentrasi emisi CO₂,

semakin rendah persentase plasebo di masyarakat yang menjadi sampel.

Ucapan Terima Kasih

Seluruh penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada seluruh anggota Laboratorium Fisika Lanjut – Instrumentasi dan Biofisika FMIPA Universitas Mataram, atas bantuan dalam proses akuisisi data yang telah dilakukan.

Daftar Pustaka

- Amsar., Khairuman., & Marlina. (2020). Perancangan alat pendeteksi co₂ menggunakan sensor mq-2 berbasis *Internet of Think*. *Journal of Manajemen Informatika dan Komputerisasi Akutansi*, 4(1), 73-79. <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol4No1.pp>
- Arsyad, K.A., & Yana, P. (2023). Studi kausalitas antara polusi udara dan kejadian penyakit pernapasan pada penduduk kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia. *Journal of Multidisiplin West Science*, 2(6), 462-472. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i6.434>
- Bierwirth P. (2019). *Carbon dioxide toxicity and climate change, a major unapprehended risk for human health*. *Journal of Research Gate Working Paper*, 1-25. [ResearchGate DOI:10.13140/RG.2.2.16787.48168](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16787.48168)
- Budianto, A., Wardoyo, A.Y.P., Masruroh, D.H.A., Hadi, K.A., & Mardiana, L. (2023). Graphene oxide-coated quartz crystal microbalance for bioparticle detection (a case study for *Bacillus sp.*). *Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, 10(1), 155-161. <https://doi.org/10.5109/6781066>
- Ferguson, R.M.W., Neath, C.E.E., Nasir, Z.A., Garcia, A.S., Tyrrel, S., & Coulon, F. (2021). Size fractionation of bioaerosol emissions from green waste composting, *Journal of Environ int*, 147, 106327. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106327>
- Hari, J. (2024). *Lost Connections Penyebab Depresi Yang Sesungguhnya Dan Solusinya Yang Tak Terduga*. Edisi Digital. (Terjemahan Fairano Ilyas). Jakarta. Indonesia: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.
- Kautsar, H.A.A. (2024). Perancangan alat monitoring kadar gas CO₂ di udara berbasis NodeMCU ESP 8266. *Journal of Bulletin Of Electrica and Electronics Engineering*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.47065/bees.v5i1.5005>
- Lebrun, M., Billot, C., Harrak, H., & Self, G. (2007). The electronic nose: A fast and efficient tool for characterizing dates. *Journal of EDP Sciences and Available*, 6(2), 377-382. <https://doi.org/10.1051/fruits:2007035>
- Marlina, N.I.V., Setiani, O., & Joko, T. (2023). Literature review: Hubungan kualitas udara *indoor*

- terhadap kejadian *sick building syndrome* pada pekerja perkantoran. *Journal of Serambi Engineering*, 8(3), 6729-6735.
<https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.5612>
- Pratiwi, B.P., Ade, S.H., dan Sarjana. (2020). Pengukuran kinerja sistem kualitas udara dengan teknologi WSN menggunakan *confusion matrix*. *Journal of Informatika UPGRIS*, 6(2): 66-75.
<https://doi.org/10.26877/jiu.v6i2.6552>
- Purwandari, D. (2020). Pemodelan regresi laten pada efek plasebo memakai metode maximum likelihood. *Journal of Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 1(3), 193-198.
<https://doi.org/10.46306/lb.v1i3.40>
- Wardoyo, A.Y.P., Timuda, C.E., Djajalaksana, S., Sugiri, J. J. R., & Sutanto, H. (2022), Analysis of results of volatile organic compound (VOC) measurements using breathalyzer on COVID-19 confirmed patients with pneumonnia and without pneumonia, *Journal of Health Sciences*, 6(39): 3899-3910.
<https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS9.13506>
- Wellid, I., Luga, M.S., Falahuddin, M.A., Nita, N., Kasni, S., Mohamad, F.B.S., dan Nani, Y. 2024. Evaluasi polusi udara PM2.5 dan PM10 di kota Bandung serta kaitannya dengan infeksi saluran pernafasan akut. *Journal of Kesehatan lingkungan Indonesia*, 23(2): 128-136.
<https://doi.org/10.14710/jkli.23.2.128-136>
- Wibhowo, C. (2023). *Psikologi klinis*. Semarang, Indonesia. Penerbit: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Widodo, S., Amin, M. M., Sutrisman, A., & Putra, A. A. (2017). Rancang bangun alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO₂ dan CH₄ di dalam ruangan berbasis mikrokontroler, *Journal of Pseudocode*, 4(2):105-119.
<https://doi.org/10.33369/pseudocode.4.2.105-119>
- Zubaydah, A., Azza, Z.S., Dyah, P.S., dan Fania,N.A.H. 2024. Mengurangi emisii: Mendorong transisi ke energy bersih untuk mengatasi polusi udara. *Jornal of Sciense Education*, 4(1): 11-21.
<https://doi.org/10.52562/biochephy.v4i1.1062>