

Perancangan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Sensor Oksigen dan Kalibrasi Sistem Tertutup: Studi Kasus di Kabupaten Lombok Barat

Khofizzatul Hasanah¹, Arif Budiando¹, Kasnawi Al Hadi¹, Alfina Taurida Alaydrus¹, Nurfadilah¹

¹ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia.

DOI: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1024>

Article Info

Received: 25 March 2025

Revised: 02 May 2025

Accepted: 07 May 2025

Correspondence:

Phone: -

Abstrak: Hipoksia merupakan kondisi di mana terjadi penurunan kadar oksigen di dalam tubuh seorang manusia yang disebabkan oleh beragam faktor khusus. Adapun secara umum penyebab terjadinya pasien yang mengalami hipoksia dapat disebabkan dari berbagai macam gangguan organ tubuh antara lain dengan cara diagnosis medis pada pasien kritis yang mengalami hipoksia antara lain CHF, asma, PPOK, *tuberculosis*, dan AKI. Secara umum, teknologi sensor untuk mendeteksi hipoksia dapat dilaksanakan melalui beragam metode. Dampak nyata yang terlihat dari seseorang yang mengalami hipoksia dalam periode awal memiliki gejala seperti kelelahan, mengantuk, apatis, kurang mampu memusatkan perhatian. Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode yaitu pembuatan sistem minimum, kalibrasi sistem sensor, pengujian sistem dalam ruang, dan pemantauan kualitas udara. Berdasarkan pada hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem minimum yang dirancang pada mikrokontroler Arduino Uno dan sensor oksigen bekerja dengan optimal (stabil 5 dan 12 volt). Sistem sensor telah dikalibrasi dan dapat mengukur konsentrasi gas oksigen di dalam *exposure chamber* sebesar 20%/vol. Terdapat perbedaan yang kurang signifikan antara konsentrasi oksigen di ruang ber-AC dan ruang tanpa AC. Sumber emisi dan lokasi emisi mempengaruhi level kualitas udara. Konsentrasi gas oksigen di daerah pembakaran sisa limbah pertanian padi berpotensi menurunkan konsentrasi oksigen. Konsentrasi oksigen di kabupaten Lombok Barat kurang dari 20% sedangkan kualitas udara normal memiliki konsentrasi oksigen sebesar 20,9%.

Kata kunci: emisi udara; kualitas udara; kabupaten Lombok Barat; oksigen; sensor

Citation: Hasanah, K., Budiando, A., Hadi, K.A., Alaydrus, A.T., & Nurfadilah (2025). Perancangan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Sensor Oksigen dan Kalibrasi Sistem Tertutup: Studi Kasus di Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(2), 1002-1007. doi: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1024>

Pendahuluan

Hipoksia merupakan kondisi di mana terjadi penurunan kadar O₂ di dalam tubuh seorang manusia yang disebabkan oleh beragam faktor khusus. Hipoksia

juga terjadi karena adanya defisiensi O₂ yang mengakibatkan kerusakan sel-sel akibat penurunan respirasi oksidatif aerob sel. Hipoksia merupakan penyebab penting dan umum dari cedera dan kematian

Email: abudiando@unram.ac.id

sel. Hal tersebut juga dapat diidentifikasi pada beratnya hipoksia, sel tersebut dapat mengalami adaptasi, cedera atau bahkan terjadi sebuah kematian. Kondisi seperti ini merupakan sebuah fenomena yang memerlukan kesiapsiagaan serta pertolongan cepat terhadap individu yang mengalami hipoksia, karena dampak kondisi ini dapat menjadi ancaman bagi nyawa seseorang jika tidak ditangani dengan langkah tepat, cepat, serta efektif. Hipoksia juga diartikan sebagai suatu keadaan di saat tubuh kekurangan oksigen sehingga sel gagal melakukan metabolisme secara efektif. Berdasarkan penyebabnya hipoksia dibagi menjadi empat kelompok, yakni hipoksia hipoksik, hipoksia anemik, hipoksia stagnan, dan hipoksia histotoksik. Hipoksia dapat diketahui dengan melakukan pemantauan nilai saturasi oksigen yang mana pasien akan dikatakan mengalami hipoksia jika nilai saturasinya $< 95\%$ [1].

Dampak nyata yang terlihat dari seseorang yang mengalami hipoksia dalam periode awal memiliki gejala seperti kelelahan, mengantuk, apatis, dan kurang mampu memusatkan perhatian. Ketika hipoksia menjadi makin berat, pusat-pusat di batang otak akan dipengaruhi. Di otak terdapat pusat pernapasan yang merupakan sekelompok neuron pernapasan dorsal yang terletak di bagian dorsal medula yang menyebabkan inspirasi, kelompok sistem pernapasan yang terletak di ventrolateral medula yang mempengaruhi ekspirasi atau inspirasi, tergantung pada kelompok neuron yang dirangsang. Pusat pengaturan pola pernapasan terletak di bagian superior belakang pons dan apabila hipoksia semakin berlanjut dapat mempengaruhi sistem saraf tadi lalu dapat menimbulkan kematian [2].

Adapun secara umum penyebab terjadinya pasien yang mengalami hipoksia dapat disebabkan dari berbagai macam gangguan organ tubuh antara lain dengan cara diagnosis medis pada pasien kritis yang mengalami hipoksia antara lain CHF, asma, PPOK, *tuberculosis*, dan AKI. Apabila hipoksia terjadi dalam jangka waktu lama, dapat menyebabkan kelelahan, mengantuk, apatis, kemampuan memusatkan perhatian berkurang, kelambatan berpikir, dan kapasitas kerja menurun. Ketika hipoksia menjadi makin berat, pusat-pusat di batang otak akan dipengaruhi, dan kematian terjadi karena gagal nafas.

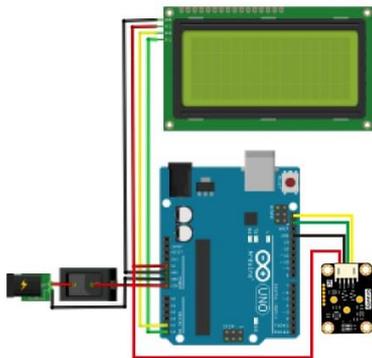
Cara umum dalam mendiagnosis hipoksia dilakukan melalui tatalaksana medis untuk mengetahui secara khusus apa yang terjadi pada pasien. Pada tatalaksana yang pertama dilakukan anamnesis dengan menanyakan kepada pasien seperti sudah berapa lama kondisi terjadi, kemudian apa saja yang dirasakan serta apakah memang memiliki riwayat penyakit respirasi. Selanjutnya tatalaksana pemeriksaan fisik, baik dari tekanan darah, pernapasan, nadi serta suhu tubuh/tanda-tanda vital (TTV). Kemudian tatalaksana selanjutnya dapat dilakukan pemeriksaan penunjang

seperti pengambilan sampel darah untuk menganalisis kadar gas darah, pemeriksaan kadar oksigen di dalam darah dengan menggunakan alat *pulse oximetry* yang dipasang pada telinga dan jari, dan pemeriksaan paru-paru/tes fungsi paru, pemeriksaan kadar karbon monoksida atau sianida [3].

Secara umum teknologi sensor untuk mendeteksi hipoksia dapat dilaksanakan melalui beragam metode dan cara tergantung pada jenis model yang digunakan. Penerapan beragam alat dapat membantu mendeteksi pasien atau individu yang mengalami hipoksia dapat menggunakan alat, baik alat yang sudah terintegrasi secara digital maupun terkoneksi internet menggunakan kecerdasan buatan [4-5]. Salah satu contohnya yaitu penggunaan sensor MAX30100 untuk mengukur tingkat hipoksia dengan cara mengukur denyut (detak) jantung serta kadar oksigen yang terdapat dalam tubuh. Pengukuran parameter tersebut bisa dilakukan dengan memakai sensor MAX30100. MAX30100 adalah sensor yang berguna untuk mengukur denyut serta kadar oksigen. Karakteristik yang dimiliki oleh sensor ini adalah memiliki dua LED, kemudian terdapat sinar inframerah yang di mana bisa mendeteksi adanya kadar oksigen yang dibawakan oleh darah. Selanjutnya alat bantu atau sensor untuk mendeteksi hipoksia yaitu sistem pendeteksian menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* dapat dilakukan dalam mengetahui tubuh seseorang dengan cara *non-invasive*. Pengambilan data detak jantung dan saturasi oksigen menggunakan sensor MAX30100. Pengambilannya dengan cara menempelkan jari telunjuk dengan waktu 20 detik. Untuk mendapatkan hasil yang bagus jari tidak boleh digerakkan. Pengambilan volume dan irama pernapasan didapatkan melalui sensor flex. *Hardware* yang digunakan yaitu Arduino Mega, sensor MAX30100 dan sensor flex. Selanjutnya ada alat pendeteksi gejala awal hipoksia yang menggunakan metode *non-invasive* dengan menggunakan sensor MAX30100 yang dijepitkan ke ujung jari dapat mengetahui hasil dari gejala awal hipoksia. Untuk mendeteksi gejala awal hipoksia digunakan metode fuzzy sugeno sehingga didapatkan output sesuai *rule* yang ada. Metode fuzzy sugeno akan mengolah data yang diambil dari sensor MAX30100. Terdapat 3 *hardware* yang ada pada alat ini, mikrokontroler Arduino sebagai kontrolernya, sensor MAX30100 untuk mendapatkan inputannya dan bluetooth untuk pengiriman data ke *smarthphone*. *Software* menggunakan IDE Arduino untuk memprogram alat deteksi dan APP inventor untuk memprogram aplikasi android supaya dapat menampilkan data secara digital dan *mobile* [6].

Metode

Pembuatan Sistem Minimum. Tahap awal melibatkan perancangan dan pembuatan rangkaian elektronik dasar yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno sebagai unit pemrosesan utama, sensor ME-2 O₂ untuk deteksi gas, komponen pendukung (resistor, kapasitor) untuk stabilisasi dan pengaturan sinyal, serta layar kristal cair (LCD) sebagai antarmuka visual untuk menampilkan data pengukuran secara langsung [7]. Skema rangkaian dari sistem minimum ini didokumentasikan secara visual melalui skema alat yang mencakup detail koneksi antar komponen. Pemilihan komponen dilakukan secara selektif berdasarkan analisis spesifikasi teknis, ketersediaan, dan efektivitas biaya, dengan mengacu pada *datasheet* komponen dan prinsip-prinsip perancangan sistem minimum yang relevan (**Gambar 1**).

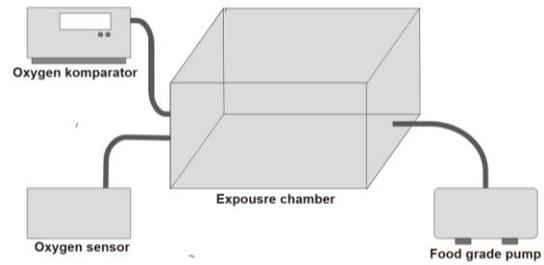


Gambar 1. Skema sistem minimum

Kalibrasi Sistem Sensor. Setelah rangkaian sistem minimum selesai, kalibrasi *e-nose* dilakukan di dalam *chamber* khusus yang dilengkapi pompa untuk mengontrol aliran udara bersih terfilter, dengan tujuan memastikan sensor ME-2 O₂ memberikan pembacaan yang akurat dan konsisten, di mana prosedur kalibrasi, termasuk parameter yang digunakan dan langkah-langkah yang diambil, didokumentasikan secara rinci untuk memastikan pengulangan yang konsisten [8].

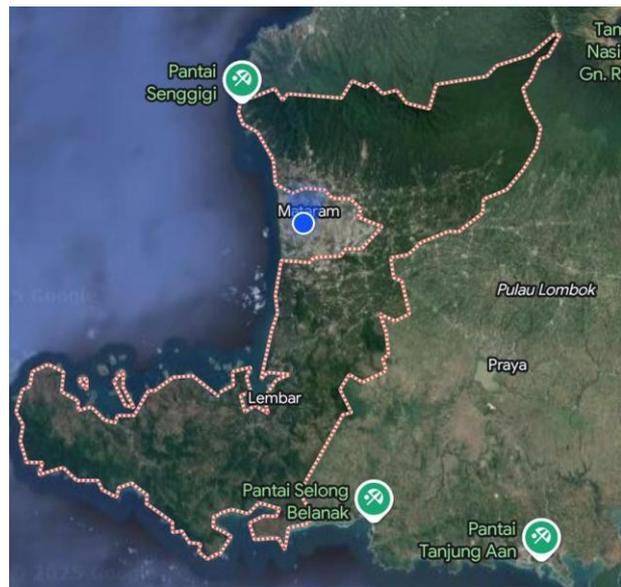
Pengujian Sistem dalam Ruang. Setelah kalibrasi *e-nose* berhasil dan sistem berfungsi optimal, dilakukan komparasi pembacaan sensor dengan sampel udara dari berbagai ruangan, yang dipilih untuk mencakup variasi ruangan dan waktu, seperti ruangan 1 (AC non kipas), dan ruangan 2 (non AC kipas), ruangan dengan menempatkan sistem *e-nose* di setiap lokasi dan melakukan pengambilan data per 5 detik selama 500 detik, sehingga menghasilkan 100 data per lokasi, kemudian membandingkannya dengan data udara bersih terfilter dan alat ukur standar, menganalisis perbedaan pembacaan untuk mengidentifikasi variasi gas, dan akhirnya, menganalisis data secara statistik serta mendokumentasikan hasilnya dalam tabel, grafik, dan

deskripsi naratif untuk evaluasi kinerja sistem di lingkungan nyata (**Gambar 2**).



Gambar 2. Sistematika pengambilan data

Pemantauan Kualitas Udara. Pemantauan kualitas udara di daerah kabupaten Lombok Barat (bujur timur sebesar 116.110407 dan lintang utara sebesar -8.554813), dilakukan secara langsung dengan menggunakan sensor oksigen yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno. Data konsentrasi oksigen di udara dikumpulkan secara *real-time* dan direkam menggunakan laptop. Pengambilan data dilakukan di tempat strategis yang mewakili area dan jalan raya selama periode waktu tertentu (**Gambar 3**).

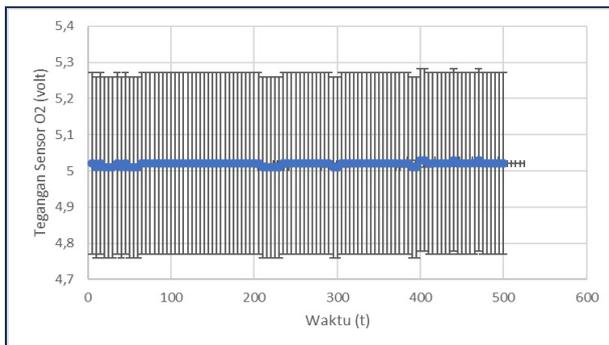


Gambar 3. Tempat pengambilan data

Hasil dan Pembahasan

Data Pengujian Sistem Minimum. **Gambar 4** berikut menginterpretasikan hasil pengujian sistem minimum. Sistem ini diuji menggunakan osiloskop dan multimeter digital pada setiap bagian jalur tegangan (daya listrik) untuk memastikan kualitas sistem yang dihasilkan. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa tegangan masukan (V_{in}) atau *input voltage* yang dihubungkan ke pin *In* dan *Gnd* pada mikrokontroler

Arduino Uno bekerja dengan optimal. Tegangan yang terukur sebesar 5,02 volt.



Gambar 4. Performa sistem minimum (tegangan masuk per bagian sistem).

Data Kalibrasi Sistem Sensor. Sensor yang telah dipasang kemudian dikalibrasi menggunakan udara bersih. Hasil pengujian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**. Dapat dilihat bahwa konsentrasi gas oksigen yang terdeteksi sebesar 20.9%/vol. Kalibrasi yang dilakukan di dalam udara tertutup (menggunakan *exposure chamber*) ini menunjukkan nilai yang konsisten, di mana kadar atau konsentrasi gas oksigen di udara sebesar 20.9% (refrensi). Studi tersebut menunjukkan bahwa sistem sensor oksigen dengan komunikasi data digital (I2C) ini telah terkalibrasi dan dapat digunakan untuk pengujian berikutnya.

Tabel 1: Hasil Kalibrasi Sistem Sensor di Dalam Ruang Tertutup (*Exposure Chamber*)

No.	Waktu (s)	Suhu (°C)	Oksigen (%/vol)
1	30	24.10	20.9
2	60	24	20.9
3	90	24	20.9
4	120	23.9	20.9
5	150	24	20.9

Data Pengujian Sistem di Dalam Ruang.

Setelah terkalibrasi, sistem yang telah dihasilkan kemudian diuji di dalam ruangan tertutup (sistem *real*) yang divariasikan menjadi ruang dengan sistem pendingin udara (AC, ruang A) dan ruangan tanpa sirkulasi udara (hanya dilengkapi kipas angin, ruang B). Variasi ini ditujukan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor sirkulasi udara yang ada. Data pengujian ditunjukkan oleh **Tabel 2** berikut.

Tabel 2: Hasil Pengujian Sistem di Dalam Ruangan

No.	Waktu (s)	Oksigen (%/vol)	
		Ruang A	Ruang B
1	30	20.9	20.9
2	60	20.88	20.9
3	90	20.85	20.9
4	120	20.82	20.9
5	150	20.8	20.9

dengan Sistem Sirkulasi Udara.

Berdasarkan pada kajian literatur, diketahui bahwa kadar oksigen di dalam udara yakni sebesar 20,9% [9]. Di sisi lain, terdapat sedikit perbedaan antara ruang A dan ruang B. Hal ini dimungkinkan dipengaruhi oleh perbedaan sistem sirkulasi udara yang terjadi di dalam ruangan yang mengakibatkan adanya perbedaan aliran udara yang keluar dan masuk [10].

Pemantauan Kualitas Udara. Tahapan terakhir di dalam penelitian ini adalah pengujian *real* sistem di dalam ruang uji yang sesuai. Sistem diuji untuk digunakan di daerah sumber emisi yang menjadi obyek penelitian, yakni di sekitar area persawahan yang sedang melakukan aktivitas pembakaran limbah sisa pertanian padi. Data hasil pemantauan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3: Hasil Pemantauan Kualitas Udara di Daerah Sumber Emisi.

No.	Waktu (s)	Oksigen (%/vol)	
		Lokasi A	Lokasi B
1	30	20	19.30
2	60	20.02	19.26
3	90	20.02	19.25
4	120	20.04	20.02
5	150	20.05	20.06

Berdasarkan pada database AQI (*Air Quality Index*) yang berlaku untuk daerah pengujian, diketahui level kualitas udara yang didapatkan sebesar 120 (tergolong sebagai level beresiko). Level kualitas udara ini dapat dipengaruhi oleh keberadaan sumber emisi dan emisi yang dihasilkan [11]. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas udara adalah jenis biomassa yang dibakar (seperti sekam padi, jerami padi, tongkol jagung, tembakau, batang jagung, atau lainnya) [12-14]. Faktor-faktor ini mengakibatkan kualitas udara dapat menurun yang ditandai dengan menurunnya konsentrasi gas oksigen jika dibandingkan dengan hasil kalibrasi dan pengujian di dalam ruang tertutup. Adapun faktor lain yang dapat mempengaruhi kualitas udara yakni suhu (temperatur), kelembaban, dan besar arah angin yang terjadi di lokasi pengambilan data.

Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem minimum yang dirancang pada mikrokontroler Arduino Uno dan sensor oksigen bekerja dengan optimal (stabil 5 dan 12 volt). Sistem sensor telah dikalibrasi dan dapat mengukur konsentrasi gas oksigen di dalam *exposure chamber* sebesar 20%/vol. Terdapat perbedaan yang kurang signifikan antara konsentrasi oksigen di ruang ber-AC dan ruang tanpa AC. Sumber emisi dan lokasi emisi mempengaruhi level kualitas udara. Konsentrasi gas oksigen di daerah pembakaran sisa limbah pertanian padi berpotensi menurunkan konsentrasi oksigen.

Ucapan Terimakasih

Tim penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Mataram (2659/UN18.L1/PP/2025) dan tim peneliti di Laboratorium Instrumentasi dan Biofisika, FMIPA, Universitas Mataram atas bantuan dan *support* yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- Bagus, D., Budi, S., Maulana, R., & Fitriyah, H. (2019). Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino (Vol. 3, Issue 2). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(2), 1925-1933.
- Kunaedi, A., & Nur Anissa, S. (2018). Uji Hipoksia Asap Rokok Tembakau dan Rokok Elektrik Terhadap Mencit Putih Jantan (*Mus Musculus*) Hypocisia Test of Tobacco Cigarettes and Electric Cigarettes on White Male Mice (*Mus Musculus*). *Medical Sains*, 3(1), 1-8.
- Roddicks, A., Kumar, M., & Aravind, P. (2020). Max30100 Based Heart Rate and Spo2 Monitoring Using Iot. *International Journal Of Innovative Research In Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, 8(5), 13-17.
- Ramadhanti, O. W., Putra, A., Sadyah, N. A. C., Prasetyowati, Hidayah, N., & Prasetyo, A. (2021). Perbandingan Pemberian Mesenchymal Stem Cell Hipoksia dan Normoksia Terhadap Ekspresi Il-10 pada Tikus Model Luka Eksisi. *JMHSA: Journal Of Midwifery And Health Science Of Sultan Agung*, 1(1), 20-27
- Tan, M. I., & Septiani Fidarliyan, G. (2022). Pengaruh Askorbat dan Hipoksia Terhadap Penghambatan Migrasi Sel Serta Penurunan Ekspresi Gen Hif-1 α dan Twist pada Lini Sel Kanker Payudara Mcf-7. *Jurnal Biologi Indonesia*, 18(2), 219-229
- Riska, & Mudjihartini, N. (2022). Deteksi Ekspresi Protein Ddit3 pada Jaringan Otak Tikus yang Diberikan Perlakuan Hipoksia Hipobarik Intermiten. *Seminar Nasional XXV Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia (Pbbmi)*, 25-26 Agustus 2022, Bandar Lampung.
- Kumar, A., & Gupta, H. (2023). The Cooling Impact of Urban Greening: A Systematic Review of Methodologies and Data Sources. *Jurnal Ilmu Material & Teknologi*, 122, 123-135.
- Miftahuludin, Y. A., Munadi, M., & Setiawan, M. N. (2024). Kalibrasi Perolehan Data Kalibrasi Sensor pada Sistem Akuisisi Data Alat Uji Unjuk Kerja Turbin Angin. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 12 (1), 65-70.
- Samet, J. M., Chiu, W. A., Cogliano, V., Jinot, J., Kriebel, D., Lunn, R. M., Beland, F. A., Bero, L., Browne, P., Fritschi, L., Kanno, J., Lachenmeier, D. W., Lan, Q., Lasfargues, G., Le Curieux, F., Peters, S., Shubat, P., Sone, H., White, M. C., Williamson, J., Yakubovskaya, M., Siemiatycki, J., White, P. A., Guyton, K. Z., Schubauer-Berigan, M. K., Hall, A. L., Grosse, Y., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., El Ghissassi, F., Lauby-Secretan, B., Armstrong, B., Saracci, R., Zavadil, J., Straif, K., & Wild, C. P. (2019). The Iarc Monographs: Updated Procedures for Modern and Transparent Evidence Synthesis in Cancer Hazard Identification. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 112(1), 30-38.
- Seinfeld, J. H., Bretherton, C., Carslaw, K. S., Coe, H., Demott, P. J., Dunlea, E. J., Feingold, G., Ghani, S., Guenther, A. B., Kahn, R., Kraucunas, I., Kreidenweis, S. M., Molina, M. J., Nenes, A., Penner, J. E., Prather, K. A., Ramanathan, V., Ramaswamy, V., Rasch, P. J., Ravishankar, A. R., Rosenfeld, D., Stephens, G., & Wood, R. (2016). Improving Our Fundamental Understanding of the Role of Aerosol-Cloud Interactions in the Climate System. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(21), 5781-5790.
- Yuda, A., Ashok, A., & Kumar, A. (2022). A Comprehensive and Critical Review on Recent Progress in Anode Catalyst for Methanol Oxidation Reaction. *Catalysis Reviews*, 64(1), 126-228.
- Hadi, K. A., Wardoyo, A. Y. P., Naba, A., Juswono, U. P., & Budianto, A. (2022). A Study of Erythrocyte Deformation Level Related to Biomass Burning Emission Exposures Using Artificial Neural Networks). *J. Environ. Stud*, 1811, 012051, 5037-5046.
- Siregar, U. A., Valzon, M., Fitrianti, F., & Budianto, A. (2023). Pengaruh Paparan Asap Biomassa Gambut Terhadap Stres Oksidatif pada Tikus

Wistar. *JKKI: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 14(2), 121-127.

Hadi, K. A., Wardoyo, A. Y. P., Naba, A., Juswono, UP, & Budianto, A. (2021). Investigation of Burning Rate on Particulate Matter Emission Factor of Rice Straw Burning Case Studi in Lombok Island, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811 , 012051, 1-6.