

What substances do we inhale? - Air quality measurement using an Android-based application

Endang Surahman¹, Eko Sujarwanto^{1,2,*}, Irwan Muhammad Ridwan^{1,3}

¹Department of Physics Education, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya 46115, Indonesia

²Department of Sciences Education, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya 60231, Indonesia

³Department of Natural Education Sciences, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 40154, Indonesia

*Corresponding author: eko.sujarwanto@unsil.ac.id

ABSTRACT

Measurement of pollutants in the air is important because it's related to health issues and environmental sustainability. This study aims to measure the concentration of pollutants in the air and learn in the environmental physics course. Measurements were carried out in 108 places with various characters in West Java Province i.e. factories, public facilities, highways, and residential. Measurements were made using the BreezoMeter application to measure the concentration of O₃, CO, SO₂, NO₂, PM_{2.5}, and PM₁₀. In general, the results show that air quality is in a good category based on the air pollutant standard index. Although the air quality is in a good category in general, some places have the air quality in the unhealthy category. By knowing air quality, it is hoped that people will be more concerned about environmental sustainability and health.

Keywords: Air quality; environmental sustainability; health; pollutant

Received 03-08-2023 | Revised 10-12-2023 | Accepted 11-12-2023 | Published 07-03-2024

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dan meningkatnya kebutuhan manusia menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil semakin meningkat. Penggunaan bahan bakar fosil meliputi kebutuhan industri, transportasi, dan rumah tangga. Secara sadar, mayoritas masyarakat mengetahui bahwa penggunaan bahan bakar fosil mempengaruhi kualitas udara. Kualitas udara didasarkan pada konsentrasi polutan di udara. Masalahnya, masih banyak orang yang menganggap remeh bahwa kesehatan dan kelestarian lingkungan dipengaruhi oleh kualitas udara [1, 2]. Sebagian besar masih menganggap remeh dampak langsung kualitas udara yang rendah terhadap kesehatan dan lingkungan.

Komposisi partikel di udara menentukan kualitas udara. Kebanyakan orang beranggapan bahwa udara yang kita hirup hanya terdiri dari oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan gas-gas lainnya dengan persentase yang lebih kecil. Pengetahuan masyarakat tentang pencemaran lingkungan masih tergolong minim [1, 2]. Ada

komposisi lain selain gas murni yaitu berupa polutan. Ozon (O₃), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan bahan partikulat (*particulate matter*, PM) adalah contoh polutan di udara. Bahan partikulat adalah campuran partikel padat dan cair, zat organik atau anorganik yang tersuspensi di udara [3]. Bahan partikulat dapat timbul dari sumbernya secara langsung atau dari pemicu seperti SO₂, NO₂, dan senyawa organik. Bahan partikulat dapat dibagi menjadi PM₁₀, yang memiliki diameter < 10 mm, dan PM_{2.5} memiliki diameter < 2,5 mm. Oleh karena itu, perlu diketahui bahwa komposisi udara tidak hanya terdiri atas gas tapi juga zat padat terlarut.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat pencemaran udara di Indonesia lebih tinggi dari sebelumnya [4]. Pemerintah berupaya memantau dan mengendalikan tingkat pencemaran udara. Beberapa kota besar di Indonesia memiliki stasiun meteorologi yang mengukur kualitas udara. Kualitas udara dinyatakan dengan indeks standar pencemar udara (ISPU). Namun, stasiun ini memiliki

jangkauan terbatas di area tertentu. Penyebarluasan informasi mengenai indeks polusi di daerah yang tidak terjangkau stasiun meteorologi menjadikan akses informasi terkait polusi udara tidak tersedia.

Pengukuran komposisi udara belum menyentuh daerah-daerah terpencil dan tempat-tempat dengan karakteristik tertentu. Upaya pengukuran komposisi udara dan ketersediaan informasinya perlu dilakukan. Artikel ini mencoba memberikan hasil pengukuran komposisi udara di wilayah tertentu untuk memberikan informasi terkait komposisi udara di suatu tempat dengan karakter tertentu dan tindakan preventif untuk menjaga kesehatan dan kelestarian lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan bagian dari observasi mata kuliah Fisika Lingkungan. Pengamatan dilakukan di 108 tempat yang termasuk dalam provinsi Jawa Barat, tersebar di Garut, Tasikmalaya, Bekasi, Ciamis, Bogor, Pangandaran, Cianjur, dan Sumedang. Tempat tersebut terbagi menjadi empat kategori, yaitu

fasilitas umum, jalan raya, pabrik, dan permukiman. Fasilitas umum terdiri dari terminal, pasar, penggilingan padi, stasiun, dan pool bus. Kategori jalan raya meliputi jalan provinsi, simpang/lampu lalu lintas, dan alun-alun. Alun-alun dikategorikan sebagai jalan raya karena alun-alun dikelilingi oleh jalan-jalan. Sedangkan, kategori pabrik meliputi pabrik skala kecil dan menengah. Permukiman meliputi permukiman perkotaan dan permukiman pedesaan. Penelitian menggunakan teknik purposive sampling.

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan teknik observasi menggunakan aplikasi Android BreezoMeter. Pengukuran fokus pada konsentrasi O_3 , SO_2 , NO_2 , PM_{10} , dan $PM_{2.5}$. Data dikumpulkan dalam rentang 11 April hingga 20 April 2022 dan dianalisis dengan analisis deskriptif. Hasil pengukuran menggunakan BreezoMeter untuk PM_{10} dan $PM_{2.5}$ kemudian dikonversi berdasarkan ISPU dari Kementerian Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia. Konversi nilai konsentrasi ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Konversi nilai konsentrasi polutan ke ISPU [5].

ISPU	PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
0 – 50	50	15,5	120	52	80	4000
51 – 100	150	55,4	235	180	200	8000
101 – 200	350	150,4	400	400	1130	15000
201 – 300	420	250,4	800	800	2260	30000
> 300	500	500	1000	1200	3000	45000

Keterangan: konsentrasi dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabel 2. Kategori mutu udara berdasarkan ISPU [5].

Rentang	Kategori	Penjelasan
1 – 50	Baik	Mutu udara tidak memberikan efek negatif bagi makhluk hidup
51 – 100	Sedang	Mutu udara masih diterima pada kesehatan makhluk hidup
101 – 200	Tidak sehat	Mutu udara memberikan efek merugikan pada makhluk hidup
201 – 300	Sangat tidak sehat	Mutu udara meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah populasi
301+	Berbahaya	Mutu udara merugikan kesehatan serius pada populasi

Konversi hasil pengukuran konsentrasi menjadi ISPU menggunakan Persamaan (1) [5]:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (1)$$

Keterangan:

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

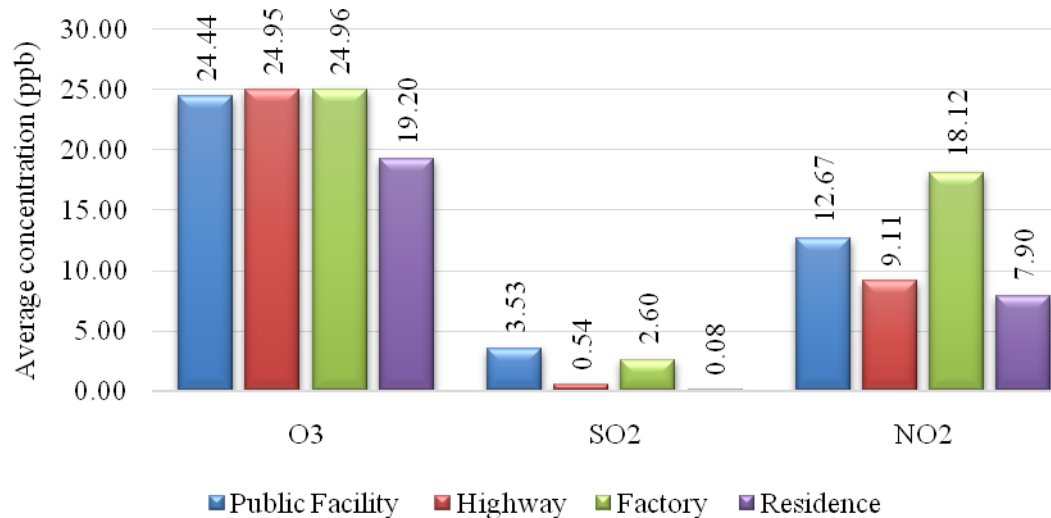
X_b = Konsentrasi ambien bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Selanjutnya, mutu udara berdasarkan ISPU dikategorikan sesuai Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 1, konsentrasi rata-rata O_3 pada fasilitas umum, jalan tol, dan pabrik berada pada kisaran 24 – 25 ppb (*part per billion*, bagian per miliar) atau 47,09 – 49,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan di permukiman, rata-rata konsentrasi O_3 adalah 19,20 ppb (37,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hasil ini memperkuat temuan bahwa selain di stratosfer, O_3 juga terdapat di troposfer, yaitu lapisan atmosfer dekat permukaan bumi. O_3 ini dapat dibentuk oleh reaksi antara nitrogen oksida (NO_x) dan senyawa organik yang mudah

menguap dengan bantuan radiasi matahari [6]. Jika konsentrasi NO_2 di daerah tersebut tinggi kemungkinan besar konsentrasi O_3 juga tinggi. Apalagi Indonesia adalah negara tropis. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 yang secara kasar menunjukkan hubungan positif antara konsentrasi NO_2 dan O_3 . NO_2 memiliki peran penting dalam pembentukan O_3 [7]. Namun, perlu diingat apa yang menyebabkan terbentuknya O_3 bukan hanya NO_2 tapi juga oksida nitrat lainnya (NO_x), keberadaan senyawa organik yang mudah menguap, dan paparan radiasi matahari di area tertentu. Radiasi matahari adalah sumber energi untuk reaksi fotokimia O_3 . O_3 yang terhirup, baik dalam jangka panjang maupun pendek, dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan penyakit jantung [6].



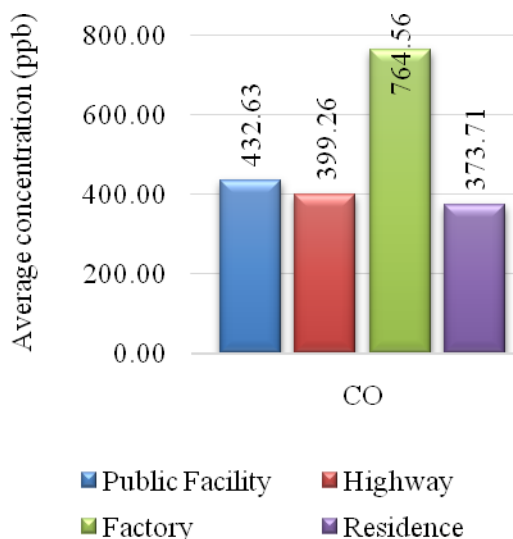
Gambar 1. Hasil pengukuran BreezoMeter terhadap konsentrasi rata-rata O_3 , SO_2 , dan NO_2 .

Konsentrasi rata-rata SO_2 berkisar antara 2,60 ppb (5,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sampai dengan 3,53 ppb (6,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) untuk fasilitas umum dan pabrik. Sedangkan, untuk kategori jalan raya dan permukiman berkisar antara 0,08 ppb (0,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) hingga 0,54 ppb (1,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sumber dari emisi SO_2 adalah pembakaran bahan bakar fosil dan pemanasan pelumas mesin [8]. Oleh karena itu, pada kategori pabrik dan fasilitas umum, rata-rata konsentrasi SO_2 lebih tinggi dibanding di permukiman. Konsentrasi rata-rata

SO_2 pada kategori jalan raya lebih rendah dibandingkan kategori fasilitas umum dan pabrik karena SO_2 konsentrasi di daerah tersebut kurang stabil dibandingkan dengan konsentrasi SO_2 di fasilitas umum (misalnya terminal bus dan stasiun kereta api). Ambang batas aman tertinggi untuk konsentrasi SO_2 adalah 0,4 ppm atau 400 ppb [8]. Hasil pengukuran pada penelitian ini menunjukkan konsentrasi rata-rata gas SO_2 masih dalam batas aman. Konsentrasi SO_2 yang tinggi di suatu

daerah dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan dan menyebabkan kematian [8].

Konsentrasi rata-rata tertinggi NO_2 ditemukan pada kategori pabrik dan terendah pada permukiman. NO_2 berasal dari pembakaran bahan bakar fosil [9]. Semakin besar mesin berbahan bakar fosil, semakin tinggi emisi NO_2 [7]. Jadi, konsentrasi rata-rata NO_2 pada kategori pabrik dan fasilitas umum dapat dipahami lebih tinggi dari kategori lainnya. Seseorang yang terpapar NO_2 dalam konsentrasi rendah dapat mengalami iritasi mata. Jika terkena NO_2 dengan konsentrasi tinggi dalam waktu yang lama, dapat menyebabkan pembengkakan paru-paru hingga menyebabkan kematian [8].



Gambar 2. Hasil pengukuran BreezoMeter terhadap konsentrasi rata-rata CO.

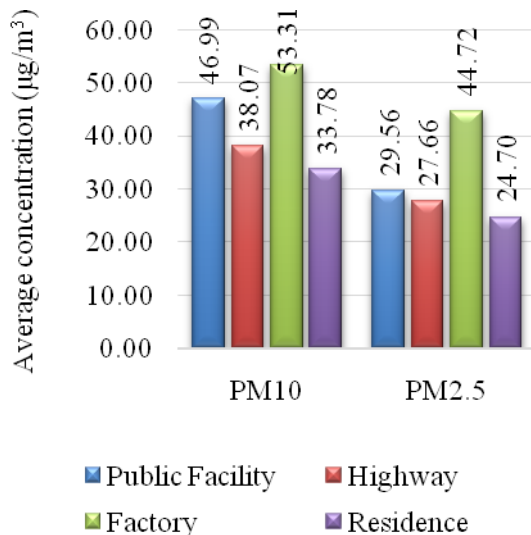
Gambar 2 menunjukkan konsentrasi CO rata-rata yang cukup tinggi, berkisar antara 373 – 765 ppb ($731,82 - 1.500,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Konsentrasi rata-rata CO tertinggi berada pada kategori pabrik sedangkan terendah di permukiman. Konsentrasi rata-rata yang tinggi ditemukan di pabrik, fasilitas umum, dan selanjutnya di jalan raya. CO berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan [8]. Biasanya, konsentrasi CO di udara adalah 100 ppb. Gambar 2 menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi CO di udara melebihi batas standar pada sampel terpilih. Gas CO juga bersifat reaktif sehingga ketika masuk ke dalam

alveolus akan berikatan dengan hemoglobin yang mengakibatkan keracunan bahkan kematian. Konsentrasi CO yang tinggi (10.000 ppb – 15.000 ppb) dapat mengakibatkan kematian janin dan penurunan massa janin [8].

Selain berupa gas pencemar, bahan lain yang juga merupakan polutan adalah PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$. Konsentrasi rata-rata tertinggi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ ditemukan dalam kategori pabrik ditunjukkan pada Gambar 3. Kategori pabrik memiliki konsentrasi rata-rata PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ tertinggi karena PM_{10} bersumber dari debu, kegiatan konstruksi, dan debu jalan. Pada saat yang sama, $\text{PM}_{2.5}$ bersumber dari bahan bakar fosil dan dari mesin-mesin pabrik serta kendaraan karyawan pabrik [3]. Pengurangan konsentrasi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ yang dihasilkan oleh aktivitas pabrik dapat ditanggulangi dengan menggunakan *electrostatic precipitator* [10–13]. *Electrostatic precipitator* merupakan filter udara yang memanfaatkan konsep elektrostatis. Bahkan, *electrostatic precipitator* dapat ditambahkan dengan medan magnet dan *ionic wind* untuk meningkatkan efisiensi penangkapan $\text{PM}_{2.5}$ [14].

Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa setelah kategori Pabrik, kategori yang menempati urutan berikutnya untuk rata-rata konsentrasi PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$, merupakan fasilitas umum. Fenomena ini terjadi karena fasilitas umum seperti terminal bus, stasiun kereta api, dan pasar menjadi tempat berkumpulnya PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$ sumber yaitu kendaraan yang menghasilkan debu jalan dan hasil pembakaran mesin kendaraan [3]. Konsentrasi rata-rata $\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10} di kategori permukiman mendekati konsentrasi rata-rata di kategori jalan raya. Fenomena ini mengindikasikan adanya aktivitas dan sumber di kategori permukiman yang memicu adanya $\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10} , seperti lalu lintas kendaraan di sekitar permukiman, pembakaran biomassa, dan bahan partikulat dari tumbuhan. $\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10} akan meningkat jika terjadi kebakaran hutan akibat pembakaran biomassa (pohon). Saat dihirup, PM_{10} dapat mengendap di saluran pernapasan, bahkan $\text{PM}_{2.5}$ dapat masuk ke dalam peredaran darah karena dapat mencapai

alveolus sehingga menyebabkan peradangan internal [15]. Tanda-tanda paparan PM₁₀ dan PM_{2.5} adalah batuk, pilek, dan sakit tenggorokan [16]. Combes dan Franchineau menambahkan bahwa PM₁₀ dan PM_{2.5} juga berperan penting dalam timbulnya penyakit jantung pada seseorang dan kematian [3].



Gambar 3. Hasil pengukuran BreezoMeter terhadap konsentrasi rata-rata PM_{2.5} dan PM₁₀.

Pengukuran ISPU dan hasil analisis diperoleh rata-rata ISPU di fasilitas umum 45,84, jalan raya 41,11, pabrik 48,71, dan permukiman 34,95. Semakin tinggi ISPU, semakin buruk kualitas udaranya. Berdasarkan Tabel 2, kualitas udara pada kategori fasilitas umum, jalan raya, pabrik, dan permukiman berada pada kategori Baik. Namun terlepas dari hasil rata-rata itu, di beberapa tempat tertentu memiliki ISPU tinggi yang berarti udaranya termasuk dalam kategori Sedang. Kategori ini berarti bahwa ketika seseorang berada di area tersebut untuk waktu yang lama atau terus-menerus, dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan dan menyebabkan masalah kesehatan lainnya.

Urbanisasi telah mengakibatkan lebih dari 90% populasi dunia terpapar polusi udara, terutama bahan partikulat. Pencemaran udara merupakan masalah bagi negara maju dan negara berkembang. Penelitian lain menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat terhadap isu lingkungan cukup baik [1, 17].

Sedangkan pengetahuan dan kemauan masyarakat terkait masalah pencemaran dan solusinya masih rendah [1, 17]. Hal ini juga terkait dengan usaha yang perlu dilakukan supaya meningkatkan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan [18]. Salah satunya melalui pembelajaran fisika lingkungan. Mengatasi masalah polusi udara membutuhkan lebih dari sekedar kesadaran tentang dampak polusi udara. Meningkatnya pengetahuan tentang pencemaran udara akan meningkatkan kemauan masyarakat untuk mengurangi dan mengatasi masalah pencemaran udara [19].

KESIMPULAN

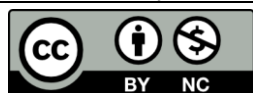
Penelitian ini menggambarkan konsentrasi polutan O₃, NO₂, SO₂, CO, PM₁₀, dan PM_{2.5} di tempat-tempat tertentu dengan kategori fasilitas umum, jalan raya, pabrik, dan permukiman menggunakan alat sederhana dengan bantuan aplikasi Android BreezoMeter. Rata-rata ISPU berada pada kategori Baik. Berdasarkan hasil dan pembahasan, tempat-tempat dengan jumlah aktivitas kendaraan yang tinggi dan pabrik-pabrik yang menggunakan bahan bakar fosil menjadi sumber utama munculnya polutan di udara. Penelitian ini juga menjelaskan bahwa zat lain di udara secara signifikan mempengaruhi kesehatan tetapi masih kurang disadari bahaya dan keberadaannya, yaitu PM₁₀ dan PM_{2.5}. Kedepannya, perlu dilakukan penelitian serupa dengan durasi waktu yang lebih representatif dan lebih sistematis.

REFERENSI

1. Maulana, E., & Haryanto, H. C. (2020). Bagaimana kondisi kesadaran lingkungan terkait pencemaran udara yang dimiliki oleh masyarakat perkotaan? (Studi pendahuluan pada masyarakat di Jakarta). *INQUIRY: Jurnal Ilmiah Psikologi*, **11**(1), 40–50.
2. Nisic, D., Knezevic, D., Petkovic, A., Ignjatovic, M., & Kostadinovic, J. (2016). Study of general environmental awareness of the urban population. *Conference: The*

4th Human and Social Sciences at the Common Conference, 33–39.

3. Combes, A., & Franchineau, G. (2019). Fine particle environmental pollution and cardiovascular diseases. *Metabolism*, **100**, 153944.
4. Energy Policy Institute at the University of Chicago. (2020). *AQLI-Indonesia Fact Sheet*. Diakses pada 30 Maret 2023. URL: <https://aqli.epic.uchicago.edu/country-spotlight/indonesia>.
5. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 tentang indeks standar pencemar udara*. Indonesia.
6. Zhang, J., Wei, Y., & Fang, Z. (2019). Ozone pollution: a major health hazard worldwide. *Frontiers in Immunology*, **10**, 2518.
7. Tanti, D. A., Budiwati, T., & Sumaryati, S. (2019). Prediksi konsentrasi nitrogen oksida (NO, NO_x) ambien dengan menggunakan konsentrasi NO₂ dan O₃ dari passive sampler (Studi kasus: Cipedes, Bandung). *Jurnal Sains Dirgantara*, **16**(2), 91–104.
8. Sugiarti. (2009). Gas pencemar udara dan pengaruhnya bagi kesehatan manusia air. *Jurnal Chemica*, **10**(1), 50–58.
9. Gasmi, K., Aljalal, A., Al-Basheer, W., & Abdulahi, M. (2017). Analysis of NO_x, NO and NO₂ ambient levels as a function of meteorological parameters in Dhahran, Saudi Arabia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, **211**, 77–86.
10. Chen, B., Li, S., Guo, Y., Li, H., Zhou, W., & Liu, B. (2022). Research on electrostatic shielding characteristics of electrostatic precipitator. *Journal of the Air & Waste Management Association*, **72**(4), 331–345.
11. Yulistiowarno, I. P., & Anwar, M. (2022). Pengaruh korona listrik terhadap proses particle charging dalam sistem electrostatic precipitator. *Voteteknika*, **10**(2), 37–41.
12. Varshney, A., Mishra, N. K., & Das, R. (2022). Enhancement of collection efficiency for capturing submicron particles emitted from biomass burning: a novel design of semi-circular corrugated plate electrostatic precipitator. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–16.
13. Zhai, Y., Liu, X., Han, J., Zou, Y., Huang, Y., Wang, H., ... & Xu, M. (2022). Study on the removal characteristics of different air pollution control devices for condensable particulate matter in coal-fired power plants. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**(23), 34714–34724.
14. Zhang, J., Wang, J., Jiang, Z., & Xu, D. (2022). Trapping PM_{2.5} particles from electrostatic precipitator equipped with magnetic field under different gas velocities. *Process Safety and Environmental Protection*, **158**, 115–122.
15. Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., ... & Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, **121**(21), 2331–2378.
16. Inaku, A. H. R., & Novianus, C. (2020). Pengaruh pencemaran udara PM_{2.5} dan PM₁₀ terhadap keluhan pernapasan anak di ruang terbuka anak di DKI Jakarta. *ARKESMAS*, **5**(2), 9–16.
17. Kamaruddin, S. M., Ahmad, P., & Alwee, N. (2016). Community awareness on environmental management through local agenda 21 (LA21). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **222**, 729–737.
18. Vilmala, B. K., Kaniawati, I., Suhandi, A., Permanasari, A., & Ridwan, I. M. (2022). Sustainability literacy of students' prospective science teacher. *AIP Conference Proceedings*, **2468**(1).
19. Gan, Y., Xu, T., Xu, N., Xu, J., & Qiao, D. (2021). How environmental awareness and knowledge affect urban residents' willingness to participate in rubber plantation ecological restoration programs: Evidence from hainan, china. *Sustainability*, **13**(4), 1852.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)