

Analisis Kualitas Udara Ambien Parameter SO₂ dan NO₂ dengan Metode *Passive Sampler* di Kabupaten Bojonegoro

Adelia Dwi Kusuma Ningrum, Aussie Amalia

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 21034010019@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 19 Desember 2024

Disetujui: 24 Desember 2024

Abstract

Ambient air quality is a crucial factor affecting human health and the environment. This study aims to analyse the air quality in Bojonegoro Regency through monitoring using the passive sampler method. Monitoring was conducted in four areas: industrial, office, residential and traffic zones. The measured parameters included the concentrations of nitrogen dioxide (NO₂) and sulphur dioxide (SO₂), which were then calculated to determine the Air Quality Index (AQI). The analysis results showed that the average NO₂ concentration in the first phase was 6 µg/m³, rising to 9.25 µg/m³ in the second phase. Meanwhile, the average SO₂ concentration was 11.25 µg/m³ in the first phase and 11.5 µg/m³ in the second phase. The Air Quality Index showed a decrease from 85.784 to 83.160, but remained in the "Good" category. The decrease in the AQI was influenced by increased human activities and environmental conditions such as vehicle and industrial emissions. To improve the AQI to the "Very Good" category, recommended measures include public education, energy efficiency, application of clean technologies, forest protection, shift to public transport and improvement of monitoring systems.

Keywords: *ambient air quality, passive sampler, nitrogen dioxide (no₂), sulfur dioxide (so₂), air quality index (aqi)*

Abstrak

Kualitas udara ambien adalah faktor krusial yang memengaruhi Kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara ambien di Kabupaten Bojonegoro melalui pemantauan menggunakan metode *passive sampler*. Pemantauan dilakukan di empat kawasan, yaitu industri, perkantoran, permukiman, dan transportasi. Parameter yang diukur meliputi konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sulfur Dioksida (SO₂), yang kemudian dihitung untuk menentukan Indeks Kualitas Udara (IKU). Hasil analisis menunjukkan rata-rata NO₂ pada tahap pertama adalah 6 µg/m³, meningkat menjadi 9,25 µg/m³ pada tahap kedua. Sementara itu, rata-rata SO₂ adalah 11,25 µg/m³ pada tahap pertama dan 11,5 µg/m³ pada tahap kedua. Indeks Kualitas Udara menunjukkan penurunan dari 85,784 menjadi 83,160, namun masih dalam kategori "Baik". Penurunan IKU dipengaruhi oleh peningkatan aktivitas manusia dan kondisi lingkungan seperti emisi kendaraan dan industri. Untuk meningkatkan IKU menjadi kategori "Sangat Baik", disarankan langkah-langkah seperti edukasi masyarakat, efisiensi energi, penerapan teknologi bersih, perlindungan hutan, beralih ke transportasi publik dan peningkatan sistem pemantauan.

Kata Kunci: *kualitas udara ambien, passive sampler, nitrogen dioxide (no₂), sulfur dioxide (so₂), indeks kualitas udara (iku)*

1. Pendahuluan

Udara ambien merupakan udara yang bergerak secara bebas di permukaan bumi dan digunakan oleh manusia dalam kegiatan sehari-hari. Sedangkan menurut Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup [1], udara ambien merupakan udara terbuka yang diperlukan untuk kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya, serta unsur-unsur lingkungan. Zat-zat berbahaya seperti Sulfur Dioksida (SO₂), Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan lainnya dapat masuk ke dalam atmosfer dan membahayakan.. Oleh karena itu, unsur-unsur tersebut perlu dikendalikan agar tercipta kualitas udara yang memenuhi syarat kesehatan dengan melakukan pemantauan parameter sesuai baku mutu yang telah ditetapkan [2].

NO₂ adalah gas berwarna coklat kemerah-merahan dengan bau tajam dan beracun [3]. Jenis nitrogen oksida yang dapat di temui pada atmosfer salah satunya yaitu NO, NO₂ ataupun N₂O sendiri merupakan zat yang tidak ditemukan dalam udara bersih. Nitrogen oksida dapat menyebabkan kerusakan pada saluran pernapasan, menyebabkan iritasi pada mata dan paru-paru, serta memberikan kontribusi terhadap kerusakan

fungsi hati, paru-paru, jantung, serta ginjal. Penggunaan bahan bakar tanpa henti oleh masyarakat akan menimbulkan efek buruk bagi lingkungan. Tingkat pencemaran yang tinggi pada udara disebabkan oleh emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. [4].

Gas SO_2 adalah gas pencemar yang berasal dari proses bahan bakar fosil yang di bakar dan mengandung unsur sulfur, seperti minyak, gas, batu bara, dan kokas. [5]. Indera manusia akan mendeteksi konsentrasi gas SO_2 di udara dan kadar konsentrasinya berada dalam rentang 0,3 hingga 1 ppm. Paparan gas pencemar udara dapat berdampak pada kondisi kesehatan, baik secara kronis maupun akut. Dalam waktu singkat, gas polutan udara seperti Pb, NO_2 , SO_2 , TSP, dan debu dapat menyebabkan gangguan pernapasan, termasuk sesak napas, lemas, batuk, *bronchopneumonia*, methemoglobinemia, edema paru, dan sianosis. [6].

Lingkungan sekitar dapat mengalami kerusakan jika udara melebihi baku mutu dan tentu membahayakan kesehatan masyarakat juga makhluk hidup lainnya. Dalam pengelolaan udara ambien harus dikelola secara bijaksana dan juga mempertimbangkan kepentingan generasi saat ini dan generasi mendatang. Pemantauan kualitas udara ambien sebagai bagian yang sangat penting dari pengelolaan kualitas udara. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan kualitas udara di lingkungan yang layak terutama bagi manusia [7].

Salah satu metode yang digunakan untuk memantau kualitas mutu udara ambien yaitu metode *passive sampler*. Metode *passive sampler* adalah teknik yang memanfaatkan proses difusi untuk menyerap gas menggunakan media tertentu yang dibiarkan terpapar dalam jangka waktu tertentu di lokasi pemantauan. Metode ini tidak memerlukan pompa penghisap dan memanfaatkan sifat fisik gas yang berdifusi dari area dengan konsentrasi tinggi ke area dengan konsentrasi rendah. Alat yang digunakan pada *passive sampler* di dalamnya dilengkapi dengan filter yang berisi cairan kimia khusus yang digunakan untuk menyerap gas-gas yang terdapat di udara sekitar, selain itu alat *passive sampler* memiliki bentuk bulat [8]. Keuntungan dari penggunaan metode *passive sampler* diantaranya memiliki biaya yang murah, dapat ditempatkan dimana saja karena ukurannya yang kecil, dan tidak membutuhkan energi Listrik. Selain itu, kekurangan dari penggunaan metode tersebut adalah tidak kontinu dan parameter masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menghitung Indeks Kualitas Udara guna memahami apakah kualitas udara berada dalam kategori baik, sedang, atau buruk sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga dapat digunakan sebagai evaluasi dalam pembuatan program maupun peraturan pemerintah [9].

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian bertempat di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro yang terletak di Jl. Dr. Wahidin No.40 Bojonegoro - Jawa Timur. Kantor Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro berada di kompleks perkantoran Pemerintah Kabupaten Bojonegoro. Detail titik pengambilan sampel seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Titik Lokasi Sampling Pemkab Dr. Wahidin
Sumber : *Google Earth*, (2024)



Gambar 2. Titik Lokasi Sampling PT. Realfood Winta Asia
Sumber : *Google Earth, 2024*



Gambar 3. Titik Lokasi Sampling Taman Rajekwesi
Sumber : *Google Earth, 2024*



Gambar 4. Titik Lokasi Sampling Griya Permata Asri
Sumber : *Google Earth, 2024*

Tabel 1. Titik Lokasi Pemantauan Pengujian Kualitas Udara Ambien

No	Lokasi Pemantauan	Titik Koordinat	
		Lintang	Bujur
1	Pemkab Dr. Wahidin (Perkantoran)	-7,155657	111,884589
2	PT. Realfood Winta Asia (Industri)	-7,136576	111,919557
3	Taman Rajekwesi (Transportasi)	-7,157256	111,895476
4	Griya Permata Asri (Pemukiman)	-7,158138	111,871513

Sumber: Hasil Suvery, (2024)

Prosedur Penelitian

Penelitian ini adalah analisa kualitatif yang berkaitan dengan kualitas udara ambien. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil pengamatan kualitas udara yang didapatkan dari dokumen Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bojonegoro. Untuk menentukan lokasi pengambilan sampel dan prosedur pengambilan sampel udara mengacu pada Permen LHK Nomor 27 Tahun 2021 tentang indeks kualitas lingkungan hidup [10]. Dalam penelitian ini, pemantauan kualitas udara ambien dilakukan di 4 titik pemantauan yang mewakili kawasan transportasi, permukiman, industri, dan perkantoran setiap kabupaten/kota.

Pemasangan dan pengambilan sampel pada tahap 1 dilakukan pada tanggal 13 Mei 2024 hingga 26 Mei 2024. Kemudian pemasangan dan pengambilan sampel pada tahap 2 dilakukan pada tanggal 25 September 2024 hingga 8 Oktober 2024. Periode pemantauan udara ambien dilakukan 2 kali dalam 1 tahun dengan durasi pemantauan selama 2 minggu atau 14 hari pada masing-masing. Indeks Udara model EU (IEU) dikonversikan menjadi indeks IKU melalui persamaan sebagai berikut:

$$IKU \text{ Kab/Kota} = 100 - \left(\frac{50}{0,9} (Indeks \text{ EU} - 1)\right) \dots\dots\dots(1)$$

$$Indeks \text{ EU} = \frac{Indeks \text{ NO}_2 + Indeks \text{ SO}_2}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$Indeks \text{ NO}_2 = \frac{Rata - rata \text{ NO}_2}{Baku mutu \text{ EU}} \dots\dots\dots(3)$$

$$Indeks \text{ SO}_2 = \frac{Rata - rata \text{ SO}_2}{Baku mutu \text{ EU}} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk menghitung IKU di tingkat Kabupaten/Kota, maka

- a. Rata-rata NO₂ = Rata-rata hasil pemantauan NO₂ dari 4 lokasi
- b. Rata-rata SO₂ = Rata-rata hasil pemantauan SO₂ dari 4 lokasi

Untuk menghitung IKU di tingkat Provinsi, maka

- a. Rata-rata NO₂ = Rata-rata hasil pemantauan NO₂ dari kab/kota
- b. Rata-rata SO₂ = Rata-rata hasil pemantauan SO₂ dari kab/kota

Keterangan:

- a. Nilai IKU Kabupaten/Kota adalah hasil dari rata-rata dari semua titik pemantauan udara di area administratif tersebut
- b. Nilai IKU Provinsi adalah hasil dari rata-rata dari IKU Kabupaten/Kota di area administratif tersebut
- c. Nilai IKU Nasional adalah hasil rata-rata nilai IKU provinsi yang dihitung setelah mengalikan dengan faktor luas wilayah dan jumlah penduduk masing-masing.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 27 Tahun 2021, Terlihat pada Tabel 2, Indeks Kualitas Udara (IKU) dikelompokkan ke dalam lima kategori utama untuk menggambarkan kondisi kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan serta lingkungan.

Tabel 2. Kategori Indeks Kualitas Udara

Kategori Indeks Kualitas Udara		
No	Kategori	Angka Rentang
1	Sangat Baik	$90 \leq x \leq 100$
2	Baik	$70 \leq x < 90$
3	Sedang	$50 \leq x < 70$
4	Kurang	$25 \leq x < 50$
5	Sangat Kurang	$0 \leq x < 25$

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 27, (2021)

Sistem kategori ini memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat pencemaran udara sehingga masyarakat dan pemerintah dapat memahami kondisi lingkungan, mengambil langkah mitigasi yang tepat, serta melindungi kesehatan manusia dan ekosistem secara berkelanjutan

3. Hasil dan Pembahasan

Pemerintah berupaya mengevaluasi keberhasilan program pengendalian polusi udara dengan melakukan pemantauan kualitas udara di wilayah administratifnya. Metode passive sampler adalah salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memantau kualitas udara. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada pembauran udara yang masuk ke wadah holder, dimana gas yang akan diukur membaur ke dalam perangkat tersebut dan terjepit. Konsentrasi gas kemudian dapat diukur menggunakan spektrofotometri. Pemantauan kualitas udara menggunakan metode passive sampler tergolong metode yang sangat mudah [11]. Metode passive sampler tidak memerlukan tenaga listrik dan bersifat pasif. Perangkat ini memiliki bentuk bulat dengan kertas filter di dalamnya yang telah direndam dalam cairan kimia khusus untuk menangkap gas dari udara di sekitarnya.

Pemantauan kualitas udara dilakukan di empat area di Kabupaten Bojonegoro, meliputi area pemukiman, perkantoran, industri, dan transportasi. Setiap area diwakili oleh satu titik lokasi pemantauan yang di inginkan dapat menggambarkan kondisi udara di masing-masing target area yang telah ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Data hasil analisis laboratorium dan perhitungan Indeks Kualitas Udara pada tahap pertama seperti yang ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Hasil Pemantauan Parameter SO₂ dan NO₂ Tahap 1

Perhitungan Indeks Kualitas Udara Kabupaten Bojonegoro											
Tahap 1											
No	Lokasi	Parameter Uji	Hasil Uji	Rata-Rata (NO ₂) (µg/m ³)	Baku Mutu EU (NO ₂)	Rata-Rata (SO ₂) (µg/m ³)	Baku Mutu EU (SO ₂)	Indeks (NO ₂)	Indeks (SO ₂)	Indeks EU	IKU Kab/Kota
1	Pekab Dr. Wahidin (Perkantoran)	NO ₂	8	6	40	11,25	20	0,15	0,56	0,35	85,76
		SO ₂	12								
2	PT. Realfood Winta Asia (Industri)	NO ₂	7	6	40	11,25	20	0,15	0,56	0,35	85,76
		SO ₂	14								
3	Taman Rajekwesi (Transportasi)	NO ₂	5	6	40	11,25	20	0,15	0,56	0,35	85,76
		SO ₂	9								
4	Griya Permata Asri (Pemukiman)	NO ₂	4	6	40	11,25	20	0,15	0,56	0,35	85,76
		SO ₂	10								

Sumber: Hasil Analisis (2024)

Dari data pada **Tabel 3** di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata hasil analisis NO₂ pada tahap pertama yaitu 6 µg/m³. Kemudian rata-rata hasil analisis SO₂ pada tahap pertama yaitu 11,25 µg/m³. Dari hasil rata-rata parameter NO₂ dan SO₂ kemudian dapat dihitung indeks NO₂ dan indeks SO₂, dimana perhitungan indeks NO₂ dan indeks SO₂ diperoleh dari rata-rata NO₂ atau SO₂ kemudian dibagi dengan baku mutu referensi EU. Baku mutu referensi EU sendiri diperoleh dari Permen LHK No 27 Tahun 2021 yaitu 40

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu referensi EU parameter NO_2 dan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu referensi EU parameter SO_2 . Kemudian untuk Indeks Kualitas Udara (IKU) pada tahap pertama yaitu sebesar 85,784.

Pada tahap kedua dilakukan ketika musim kemarau, polusi udara cenderung lebih tinggi karena minimnya curah hujan yang berfungsi sebagai "pencuci" udara. Musim kemarau memiliki tantangan besar dalam pengelolaan kualitas udara karena peningkatan konsentrasi polutan akibat kurangnya proses pembersihan alami, risiko kebakaran hutan, dan inversi suhu [12]. Oleh karena itu, pemantauan yang intensif, analisis data yang akurat, dan implementasi langkah mitigasi seperti pembatasan pembakaran terbuka dan pengendalian emisi transportasi menjadi sangat penting untuk mengurangi dampaknya. Data hasil analisis laboratorium dan perhitungan Indeks Kualitas Udara pada tahap pertama seperti yang ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Data Hasil Pemantauan Parameter SO_2 dan NO_2 Tahap 2

Perhitungan Indeks Kualitas Udara Kabupaten Bojonegoro											
Tahap 2											
No	Lokasi	Parameter Uji	Hasil Uji	Rata-Rata (NO ₂) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu EU (NO ₂)	Rata-Rata (SO ₂) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Baku Mutu EU (SO ₂)	Indeks (NO ₂)	Indeks (SO ₂)	Indeks EU	IKU Kab/Kota
1	Pemkab Dr. Wahidin (Perkantoran)	NO ₂	8	9,25	40	11,5	20	0,23	0,57	0,40	83,16
		SO ₂	11								
2	PT. Realfood Winta Asia (Industri)	NO ₂	15								
		SO ₂	17								
3	Taman Rajekwesi (Transportasi)	NO ₂	6								
		SO ₂	8								
4	Griya Permata Asri (Pemukiman)	NO ₂	8								
		SO ₂	10								

Sumber: Hasil Analisis (2024)

Data pada **Tabel 4** di atas, dapat dilihat bahwa hasil dari pengukuran parameter SO_2 dan NO_2 pada kedua tahap tersebut terlihat berbeda. Rata-rata hasil analisis NO_2 pada tahap kedua yaitu $9,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian Rata-rata hasil analisis SO_2 pada tahap kedua yaitu $11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil rata-rata parameter NO_2 dan SO_2 kemudian dapat dihitung indeks NO_2 dan indeks SO_2 , dimana perhitungan indeks NO_2 dan indeks SO_2 diperoleh dari rata-rata NO_2 atau SO_2 kemudian dibagi dengan baku mutu referensi EU. Baku mutu referensi EU sendiri diperoleh dari Permen LHK No 27 Tahun 2021 yaitu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu referensi EU parameter NO_2 dan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk baku mutu referensi EU parameter SO_2 . Kemudian untuk Indeks Kualitas Udara (IKU) pada tahap kedua yaitu sebesar 83,160.

Berdasarkan hasil analisis Indeks Kualitas Udara (IKU) di Kabupaten Bojonegoro, terjadi penurunan nilai IKU dari 85,784 pada tahap pertama (musim hujan) menjadi 83,160 pada tahap kedua (musim kemarau). Meskipun masih berada dalam kategori "BAIK", penurunan ini mencerminkan memburuknya kualitas udara selama musim kemarau akibat peningkatan konsentrasi polutan di atmosfer [13]. Faktor utama yang memengaruhi penurunan tersebut meliputi minimnya curah hujan sebagai mekanisme alami pembersihan udara, peningkatan emisi dari kendaraan bermotor, aktivitas industri, pembakaran terbuka, dan kebakaran hutan, serta kondisi meteorologi seperti inversi suhu dan rendahnya kecepatan angin yang memperparah akumulasi polutan. Penurunan kualitas udara ini menunjukkan pentingnya langkah mitigasi yang lebih intensif, terutama pada musim kemarau, dengan upaya seperti pengendalian emisi transportasi dan industri, penggunaan kendaraan rendah emisi, penegakan standar emisi nasional, serta edukasi masyarakat tentang praktik ramah lingkungan [14]. Dengan langkah-langkah tersebut, kualitas udara dapat terus dikelola secara berkelanjutan untuk melindungi kesehatan masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan.

4. Kesimpulan

Analisis kualitas udara di Kabupaten Bojonegoro menunjukkan adanya penurunan Indeks Kualitas Udara (IKU) dari 85,784 pada tahap pertama (musim hujan) menjadi 83,160 pada tahap kedua (musim kemarau). Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas pencemar seperti Sulfur Dioksida

(SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂), yang dipengaruhi oleh minimnya curah hujan, emisi dari kendaraan bermotor, aktivitas industri, pembakaran terbuka, kebakaran hutan, serta kondisi meteorologi seperti inversi suhu dan rendahnya kecepatan angin. Meskipun nilai IKU masih berada dalam kategori "BAIK", penurunan ini menunjukkan perlunya langkah mitigasi yang lebih intensif, terutama selama musim kemarau. Upaya yang dapat dilakukan meliputi pengendalian emisi transportasi dan industri, pembatasan pembakaran terbuka, penggunaan kendaraan rendah emisi, penegakan standar emisi nasional, serta edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas udara. Langkah-langkah tersebut diperlukan untuk memastikan kualitas udara tetap terjaga dan memberikan perlindungan bagi kesehatan masyarakat serta kelestarian lingkungan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Wibawa, Kadek Cahya Susila. "Mengembangkan partisipasi masyarakat dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup untuk pembangunan berkelanjutan." *Administrative Law and Governance Journal* 2.1 (2019): 79-92.
- [2] Riza, A. U., and Liayati Mahmudah. "Verifikasi metode Pengujian NO 2 dan SO 2 dalam Udara Ambient Verification of Method for Testing NO2 and SO2 in Ambinet Air." *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind* 4.1 (2019): 9-18
- [3] Winatama, Derystanto, Widayat Widayat, and Syafrudin Syafrudin. "Analisis Kualitas Udara Pada Kawasan Transportasi, Industri, Perkotaan, Permukiman, dan Perdagangan di Kota Tegal." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 21.2 (2023): 381-386.
- [4] Ahadiansyah, R. E. Z. A. "Kadar CO dan NO2 di Udara dengan Gangguan Faal Paru Juru Parkir Sektor E di Kabupaten Jember." *Universitas Jember* (2019).
- [5] Wangintan, Roy, and Asep Sofyan. "Analisis Kualitas Udara Ambien Dan Penentuan Lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU) DKI Jakarta." *Jurnal Teknologi* 8.1 (2019): 2.
- [6] Indrawati, Asri, et al. "Perbandingan Tingkat Kadar Gas SO2 dan NO2 di Udara Ambien Antara Metode Pasif dan Metode Aktif (Studi Kasus: Kota Jakarta)." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 22.1 (2021): 111-120.
- [7] Nakulo, Bambang, Indah Daila Sari, and Dedy Hariyadi. "Pemantauan Sistem Kualitas Udara Menggunakan Openhab." *Indonesian Journal of Business Intelligence (IJUBI)* 3.1 (2020): 14-19.
- [8] Susanto, Joko Prayitno. "Pemanfaatan Passive Sampler Untuk Monitoring Kualitas NO2 Dalam Udara Ambien Di Beberapa Lokasi di Indonesia." *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT* 5.2 (2004): 154829.
- [9] Warsiti, Warsiti, Risman Risman, and Ardhi Ristiawan. "Kajian Kualitas Ambien Udara Di Kota Semarang (Studi Kasus: Jalan Setiabudi Dan Jalan Anton Sujarwo)." *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil* 25.2 (2020): 148-157.
- [10] Sulandari, Uci, and Yunita Sari Purba. "Pemantauan Kualitas Air Sungai Cileungsi Secara Online Melalui Website Online Monitoring." *Jurnal Kesehatan Masyarakat Dan Lingkungan Hidup* 8.1 (2023): 22-28.
- [11] Muliane, Ulfi, and Puji Lestari. "Pemantauan kualitas udara ambien daerah padat lalu lintas dan komersial DKI Jakarta: analisis konsentrasi PM2, 5 dan black carbon." *Jurnal Teknik Lingkungan* 17.2 (2011): 178-188.
- [12] Nababan, Adli Abdillah, and Miftahul Jannah. "Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Xgboost Dengan Synthetic Minority Oversampling Technique (Smote) Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (Ispu)." *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)* 7.1 (2023): 214-219.
- [13] Kartika, Nimas, and Purwiyanta. "Determinasi indeks kualitas lingkungan hidup provinsi Di pulau jawa tahun 2017-2022." *JER (Jurnal Ekonomi Regional)* 16.2 (2024): 81-91
- [14] Prayudha, Jaka, Ardianto Pranata, and Afdal Al Hafiz. "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis Internet of Things (Iot)." *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)* 4.2 (2018): 141-148.