

Evaluation Of Management And Monitoring Of Ambient Air Quality (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}) At Bioethanol Industry

Evaluasi Pengelolaan Dan Pemantauan Kualitas Udara Ambien (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}) Pada Industri Bioetanol

Galang Eigy Hermawan, Afif Rasendriya Haryu, Tuhu Agung Rachmanto

Program Studi Teknik Lingkungan

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya, Surabaya

Email: galangeigy1@gmail.com

Abstract - The bioethanol industry, as one of the renewable energy sectors, has the potential to impact ambient air quality due to production activities, operational processes, and vehicle mobilization. This study aims to evaluate the management and monitoring of ambient air quality based on TSP (Total Suspended Particulate), PM₁₀ (Particulate Matter 10 μ m), and PM_{2.5} parameters in the bioethanol industry. A quantitative approach with descriptive analysis was applied through ambient air measurements at four monitoring points, namely the process area, the eastern boundary area near residential settlements, the village residential area, and the access road area. The monitoring results for Semester I and Semester II of 2025 showed that all PM₁₀ and PM_{2.5} parameters were below the quality standards established in Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021 Appendix VII. TSP concentrations also complied with the quality standards, although the highest values were found in the access road area and areas near residential settlements due to operational vehicle activities and road dust. In Semester II of 2025, particulate concentrations decreased at all monitoring points. These conditions indicate that environmental management efforts, such as the optimization of Green Open Space (RTH), maintenance of operational equipment, and periodic monitoring, have been sufficiently effective in maintaining ambient air quality around the bioethanol industry.

Keywords: Air Quality, Bioethanol, TSP, PM_{2.5}, PM₁₀

Abstrak - Industri bioetanol sebagai salah satu sektor energi terbarukan memiliki potensi menimbulkan dampak terhadap kualitas udara ambien akibat aktivitas produksi, operasional, dan mobilisasi kendaraan. Kajian ini bertujuan mengevaluasi pengelolaan dan pemantauan kualitas udara ambien berdasarkan parameter TSP (Total Suspended Particulate), PM₁₀ (Particulate Matter 10 μ m), dan PM_{2.5} pada industri bioetanol. Pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif diterapkan melalui kegiatan pengukuran udara ambien pada empat titik pemantauan, yaitu area sebelah proses, area sebelah timur batas proyek dekat permukiman warga, area permukiman desa, dan area jalan akses masuk. Hasil pemantauan Semester I dan Semester II tahun 2025 menunjukkan bahwa seluruh parameter PM₁₀ dan PM_{2.5} berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII. Konsentrasi TSP juga masih memenuhi baku mutu, meskipun nilai tertinggi ditemukan pada area jalan akses masuk dan area dekat permukiman akibat aktivitas kendaraan operasional dan debu jalan. Pada Semester II tahun 2025 terjadi penurunan konsentrasi partikulat di seluruh titik pemantauan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya pengelolaan lingkungan seperti optimalisasi Ruang Terbuka Hijau (RTH), pemeliharaan peralatan operasional, serta pemantauan berkala telah berjalan cukup efektif dalam menjaga kualitas udara ambien di sekitar industri bioetanol.

Kata Kunci: Kualitas Udara, Bioetanol, TSP, PM_{2.5}, PM₁₀

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi merupakan aspek yang senantiasa menjadi perhatian utama bagi seluruh negara di dunia. Tingkat kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern saat ini sangat berhubungan dengan jumlah dan mutu energi yang digunakan. Energi fosil yang meliputi minyak bumi, gas alam, dan batubara tetap mendominasi sebagai sumber energi utama dalam mendukung aktivitas perekonomian di

Indonesia [1]. Perkembangan sektor energi global saat ini menunjukkan adanya pergeseran dari penggunaan energi fosil menuju energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan memiliki konsep berkelanjutan. Salah satu bentuk energi terbarukan adalah bioetanol, yang dihasilkan melalui proses fermentasi biomassa dari bahan berpati, bergula, maupun tanaman berselulosa [2].

Penggunaan bioetanol sebagai sumber energi alternatif memiliki berbagai keunggulan, di antaranya bersifat terbarukan, mampu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta berpotensi menekan emisi gas rumah kaca. Di Indonesia, pengembangan industri bioetanol juga didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah, seperti tebu, singkong, dan jagung. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan dorongan menuju energi bersih, keberadaan industri bioetanol semakin berkembang. Namun demikian, kegiatan industri bioetanol tidak terlepas dari potensi dampak terhadap lingkungan, khususnya terkait kualitas udara ambien.

Industri bioetanol dalam proses produksinya melibatkan tahapan fermentasi, distilasi, serta penggunaan berbagai peralatan mekanis dan utilitas yang dapat memengaruhi kualitas udara ambien disekitar lokasi kegiatan. Pada kondisi eksisting, sumber emisi utama berasal dari 2 unit *boiler* berbahan bakar campuran Natural Gas (NG) dan biogas yang merupakan produk turunan dari proses utama produksi. Emisi dari kedua unit *boiler* tersebut dilepaskan ke lingkungan melalui 1 titik cerobong. Selain itu, kegiatan mobilisasi bahan baku, distribusi produk, serta lalu lintas kendaraan operasional perusahaan turut memengaruhi kualitas udara ambien melalui peningkatan partikulat.

Salah satu parameter kualitas udara ambien yang digunakan untuk menilai kondisi pencemaran udara adalah konsentrasi partikulat di udara. Partikulat di udara umumnya dapat dikelompokkan ke dalam beberapa fraksi berdasarkan ukuran diameter aerodinamisnya. yaitu TSP dengan diameter aerodinamis kurang dari/sama dengan 100 μm , PM_{10} dengan diameter aerodinamis kurang dari/sama dengan 10 μm , dan $\text{PM}_{2.5}$ dengan diameter aerodinamis kurang dari/sama dengan 2,5 μm [3].

Partikulat yang terhirup ke dalam tubuh dapat masuk dan terdeposit pada saluran pernapasan melalui beberapa mekanisme fisik, antara lain impaksi, sedimentasi, difusi, intersepsi, dan presipitasi elektrostatis [4]. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap kualitas udara ambien guna mengetahui tingkat pencemaran yang terjadi serta kesesuaiannya dengan baku mutu lingkungan yang berlaku. Evaluasi ini juga menjadi dasar dalam menentukan upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan yang efektif untuk menekan potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan

masyarakat sekitar. Apabila tidak dikelola dengan baik, kondisi tersebut berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitar maupun kesehatan masyarakat. Kondisi ini menunjukkan adanya permasalahan lingkungan yang perlu dikaji secara komprehensif, terutama terkait tingkat pencemaran udara ambien serta kesesuaiannya dengan baku mutu yang berlaku. Kajian ini dilakukan untuk evaluasi komprehensif terhadap dampak penurunan kualitas udara ambien akibat operasional Industri Bioetanol, sekaligus memberikan arahan pengelolaan dan pemantauan lingkungan yang optimal serta selaras dengan ketentuan peraturan yang berlaku.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode kuantitatif dengan pendekatan analisis deskriptif digunakan dalam kajian ini. Data yang digunakan berupa hasil pengukuran parameter partikulat TSP, PM_{10} , dan $\text{PM}_{2.5}$ yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel serta perbandingan antar hasil pengukuran. Pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan pada empat titik pemantauan, yaitu area sebelah proses, area sebelah timur batas proyek dekat permukiman warga, area permukiman desa, dan area jalan akses masuk. Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam pada Semester I dan Semester II tahun 2025. Data hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII [5] untuk mengetahui tingkat kesesuaian terhadap standar baku mutu yang berlaku. Data pendukung lainnya dikumpulkan melalui pendekatan eksploratif untuk menyempurnakan informasi yang belum tersedia sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Pengukuran konsentrasi TSP, PM_{10} , dan $\text{PM}_{2.5}$ dilakukan selama 24 jam tiap 6 bulan sekali. Pada tahun 2025 dilakukan pada tanggal 29 April 2025 dan 9 Oktober 2025. Seluruh kegiatan *sampling* yang dilaksanakan dilakukan oleh institusi Laboratorium Lingkungan yang telah terakreditasi dan teregistrasi sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 23 Tahun 2020 tentang Laboratorium Lingkungan. Hasil pengukuran konsentrasi TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ tahun 2025 ditunjukkan pada **Tabel 1** hingga

Tabel 4.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Area Sebelah Proses

No.	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Semester I 2025	Semester II 2025
1.	TSP	230	µg/Nm ³	118	48,8
2.	PM ₁₀	75	µg/Nm ³	29	16,3
3.	PM _{2,5}	55	µg/Nm ³	23	4,9

Sumber: Data hasil pengukuran, 2025

Secara umum, hasil pemantauan pada **Tabel 1** menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi partikulat dengan kecenderungan menurun pada semester II tahun 2025. Untuk parameter TSP seluruh hasil pengukuran memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 230 µg/Nm³.

Parameter PM₁₀ menunjukkan nilai yang relatif stabil dan seluruhnya berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 75 µg/Nm³. Sementara itu, untuk PM_{2,5}, hasil pengukuran juga menunjukkan *trend* yang relatif terkendali dan berada di bawah baku mutu sebesar 55 µg/Nm³.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Area Sebelah Timur BP Dekat Pemukiman Warga

No.	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Semester I 2025	Semester II 2025
1.	TSP	230	µg/Nm ³	177	24,7
2.	PM ₁₀	75	µg/Nm ³	32	8,2
3.	PM _{2,5}	55	µg/Nm ³	24	2,5

Sumber: Data hasil pengukuran, 2025

Secara umum, hasil pemantauan pada **Tabel 2** menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi partikulat dengan kecenderungan menurun pada semester II tahun 2025. Untuk parameter TSP seluruh parameter memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 230 µg/Nm³.

Parameter PM₁₀ menunjukkan nilai yang relatif stabil dan seluruhnya berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 75 µg/Nm³. Sementara itu, untuk PM_{2,5}, hasil pengukuran juga menunjukkan *trend* yang relatif terkendali dan berada di bawah baku mutu sebesar 55 µg/Nm³.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Area Permukiman Desa

No.	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Semester I 2025	Semester II 2025
1.	TSP	230	µg/Nm ³	73	15,3
2.	PM ₁₀	75	µg/Nm ³	30	5,1
3.	PM _{2,5}	55	µg/Nm ³	21	1,5

Sumber: Data hasil pengukuran, 2025

Secara umum, hasil pemantauan pada **Tabel 3** menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi partikulat dengan kecenderungan menurun pada tahun 2025. Untuk parameter TSP, seluruh hasil pengukuran memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 230 µg/Nm³.

Parameter PM₁₀ menunjukkan nilai yang relatif stabil dan seluruhnya berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar 75 µg/Nm³. Sementara itu, untuk PM_{2,5}, hasil pengukuran juga menunjukkan *trend* yang relatif terkendali dan berada di bawah baku mutu sebesar 55 µg/Nm³.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Area Jalan Akses Masuk

No.	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Semester I 2025	Semester II 2025
1.	TSP	230	µg/Nm ³	209	24,3
2.	PM ₁₀	75	µg/Nm ³	28,1	8,1
3.	PM _{2,5}	55	µg/Nm ³	23,3	2,4

Sumber: Data hasil pengukuran, 2025

Secara umum, **Tabel 4** terlihat fluktuasi konsentrasi partikulat dengan *trend* penurunan pada semester II tahun 2025. Untuk parameter TSP seluruh hasil pengukuran memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Parameter PM_{10} menunjukkan nilai yang relatif stabil dan seluruhnya berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar $75 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara itu, untuk $\text{PM}_{2.5}$, hasil pengukuran juga menunjukkan *trend* yang relatif terkendali dan berada di bawah baku mutu sebesar $55 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Hasil Analisis

a. Persebaran (TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$)

Industri dan masyarakat merupakan dua komponen yang saling berkaitan. Aktivitas industri dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan di sekitarnya [6]. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi yang memiliki tingkat konsentrasi partikulat tertinggi maupun terendah, serta mengetahui area yang berpotensi menerima pengaruh lebih besar dari aktivitas operasional. Perbandingan hasil uji ditunjukkan pada **Gambar 1** hingga **Gambar 3**.

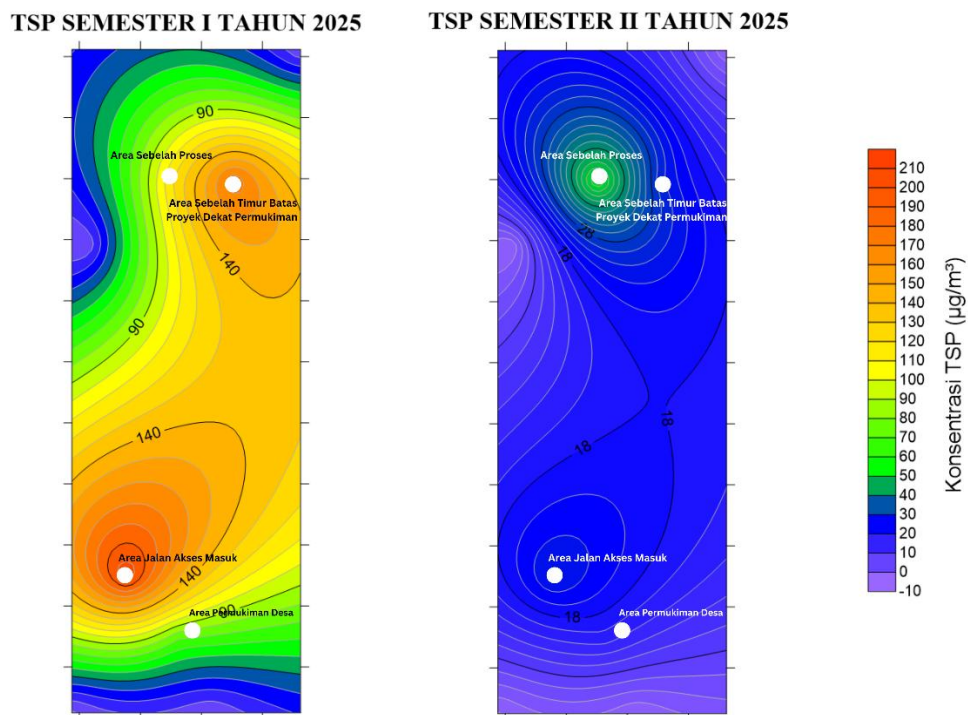
Gambar 1 menunjukkan konsentrasi TSP tertinggi pada Semester I teridentifikasi di area jalan akses masuk dan area sebelah timur batas proyek dekat permukiman dengan kisaran konsentrasi mencapai sekitar $140\text{--}210 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tingginya konsentrasi pada area jalan akses masuk diduga dipengaruhi oleh aktivitas mobilisasi kendaraan operasional yang menimbulkan debu jalan sedangkan pada area dekat permukiman kemungkinan dipengaruhi oleh arah pergerakan angin dominan. Pada Semester II, distribusi TSP mengalami penurunan signifikan dengan konsentrasi relatif rendah dan lebih terpusat di area sebelah proses. Meskipun terdapat variasi spasial konsentrasi, seluruh hasil pemantauan TSP berada di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Berdasarkan **Gambar 1**, distribusi PM_{10} menunjukkan pola yang hampir serupa dengan TSP. Pada Semester I, konsentrasi PM_{10} relatif

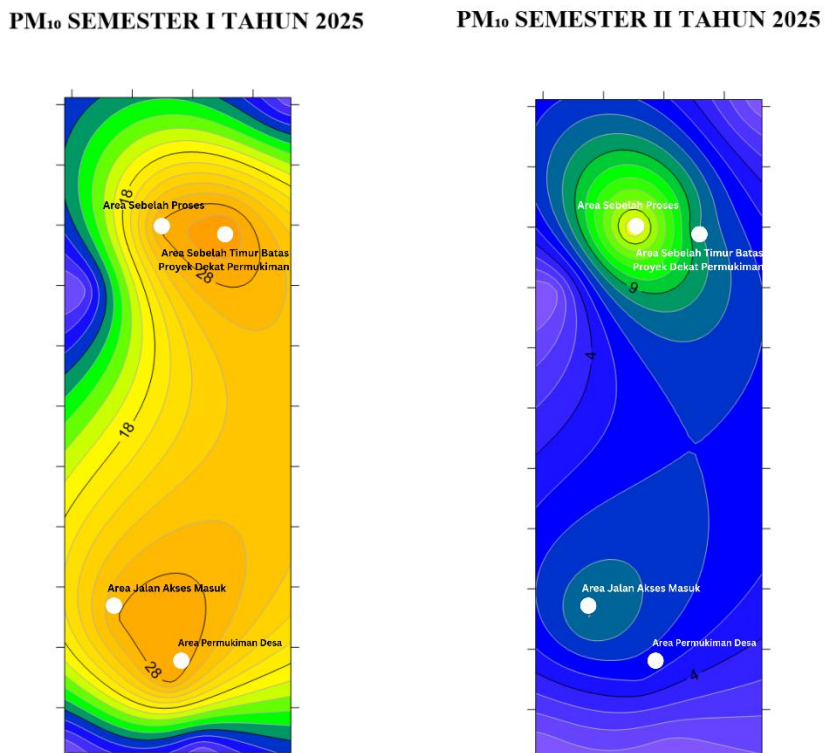
lebih tinggi dan menyebar pada sebagian besar area pemantauan, terutama di area jalan akses masuk dan area dekat proses dengan kisaran konsentrasi sekitar $18\text{--}28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa sumber emisi partikulat kasar kemungkinan berasal dari aktivitas mobilisasi serta aktivitas operasional industri. Pada Semester II terjadi penurunan konsentrasi PM_{10} dengan pola sebaran yang lebih terbatas dan terkonsentrasi di sekitar area proses. Seluruh konsentrasi PM_{10} yang terukur berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehingga kondisi udara ambien untuk parameter PM_{10} masih tergolong baik.

Berdasarkan **Gambar 3**, distribusi $\text{PM}_{2.5}$ pada Semester I memperlihatkan konsentrasi yang relatif lebih tinggi dibandingkan Semester II dengan sebaran cukup merata pada area pemantauan. Konsentrasi tertinggi terlihat di area sebelah timur batas proyek dekat permukiman dan area jalan akses masuk dengan kisaran sekitar $14\text{--}24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tingginya $\text{PM}_{2.5}$ dapat dipengaruhi oleh aktivitas pembakaran bahan bakar kendaraan maupun proses produksi yang menghasilkan partikulat halus. Pada Semester II, konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ menurun secara signifikan dan hanya menunjukkan akumulasi rendah di sekitar area proses. Seluruh hasil pemantauan $\text{PM}_{2.5}$ juga masih berada di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII sebesar $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

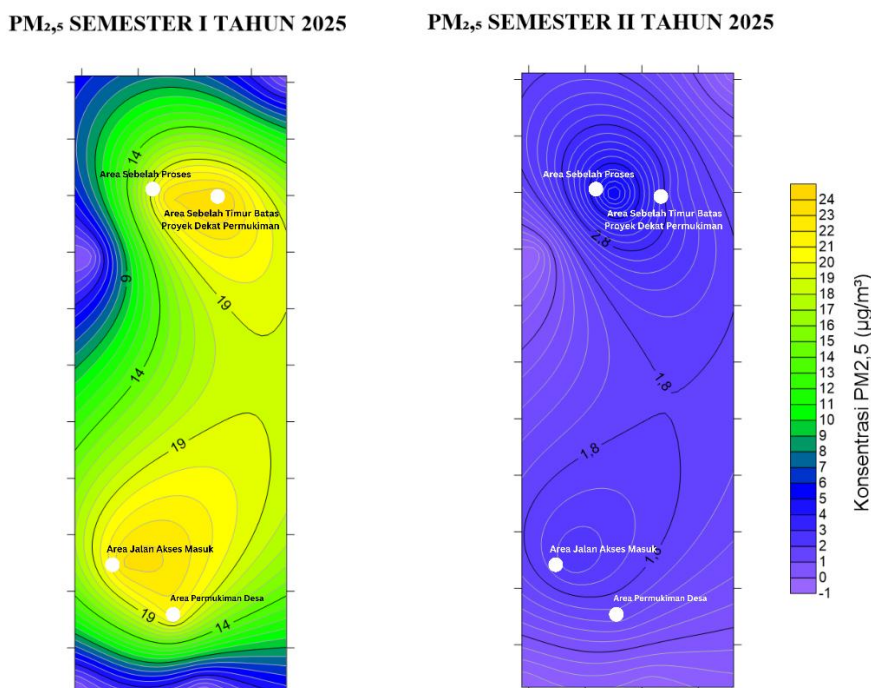
Secara umum, hasil pengamatan menunjukkan bahwa kualitas udara ambien terutama parameter TSP, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ pada lokasi kegiatan Industri bioetanol dan wilayah sekitarnya memenuhi baku mutu yang berlaku. Konsentrasi partikulat dapat dipengaruhi oleh faktor meteorologi, seperti curah hujan dan pola angin. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas udara menjadi lebih baik karena polutan di atmosfer terbawa dan terendapkan bersama air hujan [7]. Peningkatan kecepatan angin di permukaan dapat membantu proses pengenceran polutan sehingga konsentrasinya menurun [8].



Gambar 2. Perbandingan Hasil Pengukuran TSP
Sumber: Hasil Pengolahan, 2026



Gambar 3. Perbandingan Hasil Pengukuran PM₁₀
Sumber: Hasil Pengolahan, 2026



Gambar 4. Perbandingan Hasil Pengukuran PM_{2,5}
Sumber: Hasil Pengolahan, 2026

b. Pengelolaan dan Pemantauan

Pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan pada industri bioetanol menunjukkan hasil yang cukup efektif serta mencerminkan kepatuhan yang baik terhadap peraturan perundang-undangan yang berlaku. Pemantauan yang dilakukan secara berkala yaitu 1x dalam 6 bulan menunjukkan adanya komitmen perusahaan dalam menjaga kualitas lingkungan dan memastikan operasional industri tetap sesuai dengan prinsip keberlanjutan.

Meskipun seluruh konsentrasi parameter masih berada di bawah baku mutu, peningkatan konsentrasi partikulat tetap perlu diperhatikan karena pada lingkungan serta kesehatan makhluk hidup dapat mengalami berbagai dampak negatif apabila konsentrasi partikulat melebihi ambang batas baku mutu [9]. Masyarakat yang terpapar partikulat memiliki potensi mengalami berbagai gangguan kesehatan, terutama pada sistem pernapasan, seperti ISPA (infeksi saluran pernafasan atas), asma, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), hingga penyakit jantung [10].

c. Rekomendasi

Dalam meminimalkan dampak yang mungkin ditimbulkan, arahan pengelolaan yang dapat dilakukan yaitu dengan mengoptimalkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dimiliki dan

melakukan penanaman pohon dengan jenis tanaman yang dapat mengurangi debu dan menyerap polutan. Partikel debu lebih mudah tertangkap pada tanaman yang memiliki daun bertekstur kasar, bersisik, serta ditutupi oleh trikoma [11]. Adanya vegetasi di sekitar sumber pencemar udara dapat membantu mengurangi dampak negatif pencemaran udara bagi masyarakat sekitar [12]. Optimalisasi RTH dapat dilakukan melalui penyiraman secara rutin pada area RTH dan tanaman di sekitar lokasi kegiatan, terutama pada musim kemarau, guna menekan debu serta menjaga kesehatan vegetasi. Selain itu, perlu dilakukan pemeliharaan berkala terhadap tanaman, seperti pemangkasan, penggantian tanaman mati, dan penambahan vegetasi penutup.

Arahan pengelolaan lainnya adalah melakukan *monitoring* dan perawatan secara berkala terhadap kondisi cerobong emisi, kendaraan operasional serta seluruh peralatan operasional Industri Bioetanol agar berfungsi optimal dan memenuhi baku mutu. Kendaraan operasional juga perlu dipastikan lolos uji emisi dan dilakukan servis rutin untuk meminimalkan pencemaran udara.

Perusahaan dapat menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan masyarakat sekitar secara berkala, khususnya terkait gangguan saluran pernapasan, iritasi mata, dan keluhan

kesehatan lain yang berpotensi dipengaruhi kualitas udara. Kegiatan ini dapat disertai sosialisasi kesehatan lingkungan serta mekanisme pengaduan masyarakat untuk meningkatkan hubungan baik dengan warga sekitar.

4. PENUTUP

Hasil kajian menunjukkan bahwa kualitas udara ambien untuk parameter partikulat (TSP, PM₁₀, dan PM_{2.5}) secara umum berada dalam kondisi baik. Parameter TSP, PM₁₀, dan PM_{2.5} pada tahun 2025 seluruhnya memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VII. Berdasarkan hasil analisis konsentrasi, sebaran TSP cenderung mengarah ke sisi timur, yaitu menuju area persawahan dan permukiman. Kondisi ini perlu menjadi perhatian khusus agar masyarakat di sekitar Industri Bioetanol tidak mengalami dampak akibat penurunan kualitas udara ambien.

Pengelolaan serta pemantauan lingkungan yang diterapkan oleh Industri Bioetanol dinilai cukup efektif dan telah menunjukkan tingkat kepatuhan yang baik terhadap peraturan perundang-undangan yang berlaku. Upaya pengelolaan seperti optimalisasi Ruang Terbuka Hijau (RTH), pemeliharaan peralatan operasional, perawatan kendaraan, serta pelaksanaan pemantauan kualitas udara secara berkala telah memberikan kontribusi dalam menjaga kualitas udara ambien tetap berada pada kondisi yang baik. Meskipun demikian, upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan tetap perlu dilakukan secara berkelanjutan guna mengantisipasi potensi peningkatan partikulat akibat aktivitas operasional industri di masa mendatang. Perusahaan perlu mempertahankan komitmen terhadap pengelolaan lingkungan, meningkatkan efektivitas pengendalian dampak, serta terus melaksanakan pemantauan kualitas udara ambien secara rutin agar keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wiratmaja, I. G., Elisa, E. *Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia*. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha, 8(1). 2020.
- [2]. Loupatty, V. D. *Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Sumber Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah*. Majalah Biam, 10(2): 50–59. 2014.
- [3]. Dai, J., Kim, K. H., Dutta, T., Park, W. M., Hong, J. K., Jung, K., Brown, R. J. C. *Monitoring of Airborne Particulate Matter at Mountainous Urban Sites*. 2016.
- [4]. Hastiti, L. R. *Pajanan PM_{2.5} dan Gangguan Fungsi Paru Serta Kadar Profil Lipid Darah (HDL, LDL, Kolesterol Total, Trigliserida) Pada Karyawan PT. X Kalimantan Selatan*. Universitas Indonesia. 2012.
- [5]. Pemerintah Republik Indonesia. *Lampiran VII Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. 2021.
- [6]. Ristia, Y. *Pengendalian Pencemaran Udara*. EL-Thawalib, 3(2). 2022.
- [7]. Windari, G. A., Sudarti. *Mekanisme Terjadinya Hujan dan Pengaruhnya terhadap Lingkungan*. Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL, 8(2). 2024.
- [8]. Turyanti, A., June, T., Aldrian, E., Noor, E. *Analisis Pola Dispersi Partikulat dan Sulfurdiooksida Menggunakan Model WRFChem di Sekitar Wilayah Industri Tangerang dan Jakarta*. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 23(2): 169–178. 2016.
- [9]. Oktaviani, E. *Paparan Particulate Matter (PM₁₀) dan Total Suspended Particulate (TSP) di Trotoar Beberapa Jalan Kota Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2018.
- [10]. Sundari, H. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Total Suspended Particulate (TSP) Pada Pekerja di Instalasi Laundry RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang*. Universitas Palembang. 2020.
- [11]. Zahriyani, P., Yuwono, A. S. *Absorption Capacity of CO₂, NO₂, and Dustfall Emission from Transportation, Industry, and Livestock Sectors in Bogor City by Bogor Botanical Garden*. ARPN Journal of Science and Technology, 4(6): 379–387. 2014.
- [12]. Hardiyanti Y.M., Sabriani, Hamriati, Logo W., Wenda S., A. *Kemampuan Tutupan Vegetasi RTH Dalam Menyerap Emisi Polusi Udara Sektor Transportasi di Pusat Industri Kota Makassar*. Jurnal Holan, 1(1): 14–18. 2021.

Ruang kosong ini untuk menggenapi jumlah halaman sehingga jika dicetak dalam bentuk buku, setiap judul baru akan menempati halaman sisi kanan buku.