

Analisis Kualitas Udara Ambien di Area Industri Semen PT X Desa Wajok Hulu Berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Rurika Widya Ningrum Palureng¹, Ikhdam Nurul Khalik²

¹Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Tanjungpura University, Pontianak, Indonesia

²Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat University,
Kubu Raya, Indonesia

Email: ¹rwnpalureng@teknik.untan.ac.id, ²ikhdam@unukalbar.ac.id

Abstract

The cement industry plays a significant role in contributing to air pollution, primarily due to combustion and raw material processing that release particulate matter and gaseous pollutants. This research aims to evaluate the ambient air quality around the PT X cement plant in Wajok Hulu Village, Mempawah Regency, and to analyze the extent of ambient air contamination by applying the Air Pollutant Standard Index (ISPU) method, following the guidelines established in the Regulation of the Minister of Environment and Forestry No. 14 of 2020. Measurements were conducted at two sampling points, production area and entrance area, with parameters including PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO, O₃, and HC. Air samples were collected using a High Volume Air Sampler (HVAS) and impinger for 24 hours, and the results were compared in reference to the National Ambient Air Quality Standards as defined in Government Regulation No. 22 of 2021. The findings indicate that all parameters were below the permissible limits, with ISPU values under 50, categorized as “Good” air quality. The highest ISPU values were recorded for SO₂ and particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), which are typical emissions from fuel combustion and cement raw material processing. These results suggest that the emission control systems at PT X are operating effectively; however, regular monitoring is necessary to maintain air quality stability. The study emphasizes the importance of implementing emission control technologies such as dust collectors, electrostatic precipitators, and green buffer zones around the plant area as mitigation strategies toward sustainable cement industry practices.

Keywords: Ambient Air Quality, Air Pollutant Standard Index, Cement Industry

1. INTRODUCTION

Sektor industri memiliki peranan penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi melalui kegiatan produksi barang dan jasa yang memanfaatkan teknologi, tenaga kerja, serta potensi sumber daya alam. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, industri dipandang sebagai suatu sistem kegiatan ekonomi yang secara terpadu mengolah bahan baku dan memanfaatkan sumber daya industri untuk menghasilkan produk dengan nilai tambah tinggi serta memberikan manfaat ekonomi yang lebih luas bagi masyarakat dan pembangunan nasional. [1]. Salah satu industri yang memiliki peran strategis adalah industri semen, dimana industri ini terus mengalami perkembangan karena turut mendukung pembangunan infrastruktur nasional. Seiring dengan terjadinya peningkatan jumlah penduduk, semen menjadi salah satu bahan material yang tidak bisa ditinggalkan.

Sejalan dengan peningkatan yang terjadi, kegiatan produksi semen juga berpotensi menimbulkan berbagai dampak lingkungan terutama terhadap kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri. Industri semen diketahui berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan, yang

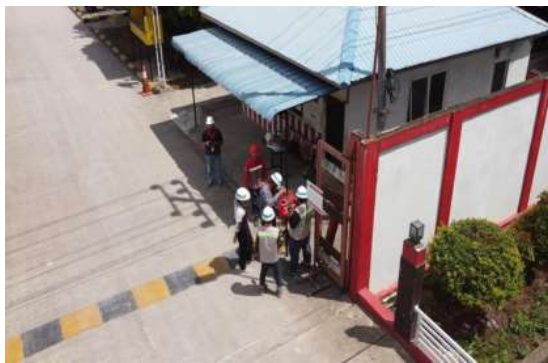
memengaruhi kualitas udara, sumber air, kesehatan tanah, dan vegetasi, dengan melepaskan berbagai polutan berbahaya dan berpotensi membahayakan manusia, flora, dan fauna di lingkungan tersebut [2]. Proses-proses yang terjadi pada industri semen menghasilkan produk sampingan yang meliputi debu/partikel ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}) serta gas-gas polutan (CO , NO_2 , SO_2 , Hidrokarbon dan O_3) yang dapat menyebabkan penurunan kualitas udara dan menimbulkan risiko kesehatan serta dampak negatif terhadap lingkungan sekitar [3]. Kualitas udara ambien yang menurun akibat emisi industri semen dapat berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat dan ekosistem di sekitarnya. Berbagai studi menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap polutan akibat kegiatan industri semen dapat menyebabkan gangguan pernapasan, peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, dan menurunnya kualitas hidup masyarakat di wilayah industri [4].

Pembangunan pabrik semen sudah tersebar secara merata di Indonesia, tidak terkecuali di Provinsi Kalimantan Barat. PT X merupakan salah satu industri semen yang ada di Kalimantan Barat dimana terletak di Desa Wajok Hulu, Kecamatan Jongkat, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. PT X memiliki kontribusi signifikan terhadap kegiatan ekonomi daerah, namun juga perlu memastikan bahwa aktivitas produksinya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, khususnya kualitas udara ambien di sekitar area industri. Aktivitas produksi komersial semen yang mencakup penerimaan bahan baku semen curah, pengepakan atau pengemasan semen dan penyimpanan hasil semen kantong menjadi sumber dari pencemaran udara yang terjadi pada industri semen. Emisi dari kegiatan ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat menurunkan kualitas lingkungan udara dan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat serta berkontribusi terhadap perubahan kondisi iklim secara global [5].

Di Indonesia, upaya pengendalian pencemaran udara memiliki dasar hukum melalui Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, serta diperkuat dengan PermenLHK Nomor 14 Tahun 2020 yang menetapkan pedoman perhitungan dan penerapan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). ISPU merupakan sistem penilaian kualitas udara yang menyajikan informasi mengenai tingkat pencemaran udara berdasarkan parameter utama, yaitu PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , CO , O_3 , HC dan NO_2 . Melalui perhitungan ISPU, masyarakat dan pengambil kebijakan dapat memahami kondisi kualitas udara secara kuantitatif dan kualitatif (kategori baik, kategori sedang, kategori tidak sehat, kategori sangat tidak sehat, atau berbahaya). Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) berfungsi sebagai sumber informasi bagi masyarakat mengenai kondisi kualitas udara di suatu wilayah pada periode waktu tertentu. Selain itu, ISPU juga menjadi acuan penting bagi instansi pemerintah dalam perencanaan, pengelolaan, serta pengendalian pencemaran udara secara efektif [6]. Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang menilai kondisi udara ambien di kawasan industri semen di Kalimantan Barat, terutama menggunakan pendekatan ISPU. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat pencemaran udara ambien dan mengkategorikan kualitas udara di sekitar PT X berdasarkan nilai ISPU.

2. METHODS

Pengambilan sampel kualitas udara dilakukan pada tanggal 18 Juni 2025 dan dilakukan pada 2 titik di PT X yaitu pada area kegiatan produksi ($0^{\circ} 01' 34,30''$ LU – $109^{\circ} 15' 26,30''$ BT) dan di area pintu masuk atau di area pos satpam ($0^{\circ} 01' 23,60''$ LU – $109^{\circ} 15' 21,70''$ BT). Lokasi ini dipilih sesuai dengan identifikasi awal yang sudah dilakukan sebelumnya dimana didapatkan bahwa dampak penurunan kualitas udara yang terjadi di PT X ini bersumber dari unit kegiatan produksi komersial semen (persiapan, pengantongan semen, dan penyimpanan hasil semen kantong) dan unit kegiatan penyaluran/pendistribusian produksi semen. Lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan pertimbangan teknis sesuai dengan ketentuan dalam SNI 19-7119.6-2005, yang mengatur tata cara dan kriteria penetapan titik pengambilan contoh uji pada kegiatan pemantauan kualitas udara ambien.



Gambar 1. Pengambilan Sampel Kualitas Udara di Industri Semen PT X

Parameter kualitas udara yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup *Particulate Matter* $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), *Particulate Matter* $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), Sulfur Dioksida (SO_2), Nitrogen Dioksida (NO_2), Karbon Monoksida (CO), Ozon (O_3), dan Hidrokarbon (HC). Pengambilan sampel untuk parameter partikulat (PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$) dilakukan menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS), sedangkan parameter gas dilakukan dengan impinger. Proses pengambilan sampel berlangsung selama 24 jam untuk memperoleh gambaran representatif terhadap kondisi udara ambien. Seluruh sampel yang diperoleh selanjutnya dianalisis di laboratorium menggunakan metode uji yang terstandarisasi sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) *High Volume Air Sampler (HVAS)* dan (b) *Impinger*

Data hasil pengukuran udara ambien kemudian dianalisis dengan cara membandingkannya dengan baku mutu kualitas udara ambien nasional sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup [7]. Selain itu, untuk menilai tingkat pencemaran udara secara kuantitatif, dilakukan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sesuai dengan pedoman yang tercantum pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020 Pasal 1 mengenai tata cara penentuan ISPU [8]. Perhitungan indeks dilakukan dengan menerapkan rumus baku yang digunakan untuk mengonversi konsentrasi hasil pengukuran menjadi nilai indeks kualitas udara.

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

Keterangan:

- I = Nilai ISPU yang diperoleh dari hasil perhitungan
- I_a = Nilai ISPU batas atas yang digunakan sebagai acuan
- I_b = Nilai ISPU batas bawah yang digunakan sebagai acuan
- X_a = Konsentrasi ambien batas atas yang mewakili batas tertinggi rentang konsentrasi (µg/m³)
- X_b = Konsentrasi ambien batas bawah yang mewakili batas tertinggi rentang konsentrasi (µg/m³)
- X_x = Konsentrasi ambien hasil pengukuran yang diperoleh dari pengambilan sampel di lapangan (µg/m³)

Tabel 1. Kategori Rentang Angka ISPU

Angka Rentang	Status Warna	Kategori
1 - 50	Hijau	Baik
51 - 100	Biru	Sedang
101 - 200	Kuning	Tidak Sehat
201 - 300	Merah	Sangat Tidak Sehat
≥ 300	Hitam	Berbahaya

Setelah perhitungan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dilakukan menggunakan persamaan yang telah ditetapkan, tahap selanjutnya adalah menentukan kategori kualitas udara berdasarkan hasil perhitungan tersebut. Klasifikasi nilai dan rentang kategori ISPU yang menjadi acuan dalam penilaian kualitas udara disajikan pada **Tabel 1** [8].

3. RESULTS AND DISCUSSION

Konsentrasi Parameter Kualitas Udara pada Industri Semen PT X

Pemantauan kualitas udara ambien di kawasan industri semen PT X menjadi langkah penting dalam menilai tingkat pencemaran udara yang terjadi akibat aktivitas proses produksi pada industri tersebut. Banyak proses kegiatan yang menjadi sumber emisi berbagai polutan udara seperti partikulat

(PM₁₀ dan PM_{2.5}), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC) dan ozon (O₃). Setiap parameter tersebut memiliki karakteristik dan dampak lingkungan yang berbeda, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap stabilitas ekosistem di sekitar area industri.

Data hasil pengukuran konsentrasi udara ambien selanjutnya dievaluasi dengan membandingkannya terhadap baku mutu udara ambien nasional sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Perbandingan ini bertujuan untuk menilai apakah kegiatan operasional industri semen PT X menghasilkan emisi yang melebihi ambang batas yang ditetapkan secara nasional. Baku mutu tersebut menjadi acuan utama dalam menentukan apakah kondisi udara di sekitar kawasan industri masih tergolong aman dan memenuhi standar lingkungan, atau telah menunjukkan indikasi terjadinya pencemaran. Rincian hasil pengukuran konsentrasi udara dan nilai baku mutunya disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Udara dan Baku Mutu

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran	
				Area Produksi	Area Pintu Masuk
1.	Karbon Monoksida (CO)	µg/m ³	10000	< 1145	< 1145
2.	Ozon (O ₃)	µg/m ³	150	< 19,96	< 19,96
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	µg/m ³	200	9,70	9,20
4.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	µg/m ³	150	44,90	42,80
5.	Particulate Matter 10 µm (PM ₁₀)	µg/m ³	75	26,2	23,8
6.	Particulate Matter 10 µm (PM _{2.5})	µg/m ³	55	8,8	7,4
7.	Hidrokarbon (HC)	µg/m ³	160	4,4	4,1
8.	Suhu Udara	°C	-	30,5	
9.	Kelembaban	%RH	-	69	
10.	Tekanan Udara	mmHg	-	747,3	
11.	Kecepatan Angin	m/detik	-	1,7	
12.	Arah Angin Dominan	-	-	Utara ke Selatan	

Berdasarkan **Tabel 2** dapat dilihat bahwa hasil pengukuran pada kedua titik menunjukkan tidak adanya parameter yang melampaui standar buku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Hal ini berarti kualitas udara ambien di kawasan industri semen PT X masih memenuhi standar yang berlaku. Kualitas udara di sekitar kawasan industri semen PT X masih tergolong baik dan aman bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, meskipun tetap menunjukkan adanya aktivitas antropogenik yang signifikan dari industri semen. Perbedaan kecil antara hasil pengukuran yang didapatkan pada kedua area tersebut juga menunjukkan adanya penyebaran emisi yang relatif terkendali.

Bahan baku utama dalam proses produksi industri semen adalah batu kapur (*limestone*) yang merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari sisa organisme laut yang mengalami proses pengendapan dan litifikasi selama ribuan tahun hingga membentuk massa batuan berwarna putih kekuningan hingga kecoklatan. Secara mineralogi, batu kapur tersusun terutama atas kalsium karbonat (CaCO_3) dalam bentuk kalsit, namun batu kapur komersial umumnya juga mengandung oksida besi, alumina, magnesia, silika, dan belerang. Proses pembakaran yang terjadi dalam produksi semen tersebut secara teoritis menghasilkan emisi gas buang seperti nitrogen oksida (NO_x), sulfur oksida (SO_x), dan karbon monoksida (CO) yang berpotensi menambah beban pencemaran udara di lingkungan sekitar pabrik semen [9].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa emisi karbon monoksida (CO) dan partikulat baik itu PM_{10} maupun $\text{PM}_{2.5}$ dari aktivitas antropogenik memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan global. Kedua polutan ini berkontribusi terhadap efek rumah kaca, penipisan ozon stratosfer, pembentukan hujan asam, penurunan keanekaragaman hayati, serta menurunnya produktivitas pertanian. Dari sisi kesehatan masyarakat, pencemaran udara telah terbukti berkaitan dengan meningkatnya kasus gangguan pernapasan seperti asma, bronkitis, tuberkulosis, serta penyakit lain seperti iritasi mata, gangguan jantung, dan kematian prematur. Meskipun CO dalam kadar rendah tidak bersifat toksik secara langsung, paparan jangka panjang terhadap konsentrasi tinggi CO dan CO_2 dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti penurunan fungsi kognitif, stres oksidatif, demineralisasi tulang, dan gangguan fungsi ginjal. Selain berdampak pada manusia, emisi CO juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan menurunkan kualitas lingkungan biotik [4].

Berbagai penelitian menunjukkan adanya hubungan antara paparan partikulat di udara dengan gangguan fungsi paru secara akut serta peningkatan kejadian penyakit pernapasan. Dampak tersebut mengakibatkan meningkatnya angka rawat inap akibat penyakit pernapasan dan kardiovaskular, meningkatnya ketidakhadiran di sekolah dan tempat kerja karena infeksi saluran napas, serta memburuknya kondisi kronis seperti asma dan bronkitis [10].

Konsentrasi tertinggi berdasarkan **Tabel 2** terjadi pada parameter SO_2 dan PM_{10} , yang merupakan indikator umum emisi utama dari proses pembakaran dan pengolahan bahan baku semen. Oleh karena itu, kedua parameter ini perlu menjadi fokus utama dalam pemantauan rutin dan evaluasi efektivitas sistem pengendalian emisi. Oksida sulfur (SO_x) merupakan salah satu polutan utama yang dihasilkan dari proses pembakaran industri semen. Parameter ini berperan dalam pembentukan kabut, memengaruhi dinamika awan, dan menjadi penyebab utama terjadinya hujan asam. Fenomena hujan asam tersebut berdampak luas terhadap lingkungan, meliputi peningkatan keasaman tanah dan perairan, kerusakan vegetasi, serta percepatan proses korosi pada bangunan dan struktur bersejarah di sekitar kawasan industri semen. Dari sisi kesehatan, paparan kronis terhadap emisi SO_2 di lingkungan sekitar pabrik berpotensi menimbulkan gangguan sistem pernapasan dan kardiovaskular,

serta gejala lain seperti sakit kepala dan peningkatan tingkat stres atau kecemasan pada masyarakat sekitar [3].

Nitrogen oksida (NO_x), khususnya nitrogen dioksida (NO_2), merupakan polutan udara yang dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran pernapasan. Paparan jangka pendek terhadap konsentrasi tinggi NO_2 dapat menyebabkan iritasi tenggorokan, batuk, serta memperburuk kondisi asma. Sementara itu apabila terjadi paparan yang berkepanjangan berpotensi menyebabkan bronkitis kronis dan gangguan perkembangan paru-paru pada anak-anak. Selain itu, partikulat halus ($\text{PM}_{2.5}$) dan ozon (O_3) diidentifikasi sebagai dua polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia karena kemampuannya menembus sistem pernapasan hingga ke pembuluh darah. Ukuran partikel menjadi faktor penting dalam menentukan tingkat toksisitas partikulat; semakin kecil partikel, semakin besar potensi kerusakannya pada jaringan paru-paru dan sistem sirkulasi. Dampak kesehatan akibat paparan *particulate matter* mencakup iritasi saluran napas, infeksi, inflamasi, gangguan kardiovaskular seperti aterosklerosis dan gagal jantung, hingga peningkatan risiko kanker. Paparan jangka panjang terhadap $\text{PM}_{2.5}$ juga dikaitkan dengan penurunan berat lahir bayi dan meningkatnya angka mortalitas [4].

Analisis Indeks Standar Pencemar Udara pada Industri Semen PT X

Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri semen PT X, data hasil pengukuran konsentrasi setiap parameter udara dikonversikan ke dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). ISPU berfungsi sebagai instrumen penilaian yang memberikan interpretasi kuantitatif dan kualitatif terhadap mutu udara berdasarkan kadar polutan utama serta potensi dampaknya terhadap kesehatan manusia, kenyamanan lingkungan, dan keberlangsungan makhluk hidup. Analisis ISPU menjadi penting karena menyederhanakan hasil pengukuran teknis menjadi informasi yang lebih mudah dipahami oleh masyarakat maupun pengambil kebijakan. Selain itu, hasil perhitungan ISPU juga dapat digunakan sebagai dasar dalam menilai efektivitas upaya pengendalian pencemaran udara di kawasan industri, serta sebagai indikator kepatuhan terhadap peraturan lingkungan hidup yang berlaku.

Perhitungan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2020 mengenai tata cara penentuan ISPU. Dalam pedoman tersebut dijelaskan bahwa penilaian kualitas udara dilakukan dengan mengonversi konsentrasi beberapa parameter utama, meliputi partikulat (PM_{10} dan $\text{PM}_{2.5}$), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), hidrokarbon (HC), dan ozon (O_3). Setiap parameter dihitung menggunakan persamaan konversi tertentu dengan rentang nilai dan batas kategori yang telah ditetapkan untuk memperoleh nilai ISPU. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kategori mutu udara.

Rangkuman hasil perhitungan ISPU berdasarkan data pengukuran kualitas udara di lokasi penelitian disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Perhitungan ISPU

No.	Parameter	Area Produksi		Area Pintu Masuk	
		Konsentrasi Pengukuran	ISPU	Konsentrasi Pengukuran	ISPU
1.	Karbon Monoksida (CO)	< 1145	14	< 1145	14
2.	Ozon (O ₃)	< 19,96	8	< 19,96	8
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	9,70	6	9,20	6
4.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	44,90	43	42,80	41
5.	Particulate Matter 10 µm (PM ₁₀)	26,2	26	23,8	24
6.	Particulate Matter 10 µm (PM _{2,5})	8,8	28	7,4	24
7.	Hidrokarbon (HC)	4,4	5	4,1	5

Berdasarkan hasil konversi yang disajikan pada **Tabel 3**, seluruh parameter yang diukur di dua lokasi pengamatan yaitu area produksi dan area pintu masuk memperlihatkan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) di bawah angka 50. Jika diklasifikasikan menurut kategori dalam Tabel 1, kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas udara di kawasan industri semen PT X berada pada kategori “Baik” atau ditandai dengan warna hijau sebagaimana ketentuan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020. Hasil ini mengindikasikan bahwa konsentrasi seluruh parameter pencemar udara masih berada jauh di bawah ambang batas yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan sekitarnya. Kondisi ini juga menunjukkan bahwa aktivitas industri semen PT X belum memberikan tekanan pencemaran udara yang signifikan terhadap lingkungan sekitar. Meski demikian, SO₂ dan partikulat (PM₁₀ dan PM_{2.5}) menunjukkan nilai ISPU relatif lebih tinggi dibandingkan parameter lain, sehingga perlu menjadi perhatian dalam pemantauan berkala. Parameter-parameter ini seringkali menjadi indikator utama pencemaran udara di industri berbasis pembakaran seperti semen.

Hasil penelitian yang dilakukan ini menunjukkan seluruh parameter berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, dengan nilai ISPU tertinggi pada SO₂ yaitu 43 dan PM (PM₁₀=26, PM_{2.5}=28) dimana semuanya masih tergolong dalam kategori Baik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian pada industri semen di beberapa lokasi, di mana SO₂ dan partikulat menjadi pencemar dominan karena emisi utama industri semen berasal dari pembakaran kiln dan penanganan/penggilingan bahan baku. Namun penerapan *bag filter* dan *electrostatic precipitator* (ESP) mampu menurunkan konsentrasi ambien hingga level aman di sekitar pabrik [3]

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri semen PT X masih tergolong baik, diperlukan langkah strategis agar kondisi tersebut

dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Pemerintah daerah bersama pihak industri disarankan untuk memperkuat sistem pemantauan kualitas udara dengan *menerapkan Continuous Emission Monitoring System* (CEMS) yang terintegrasi dengan sistem pemantauan udara ambien (*fence-line monitoring*), sehingga data konsentrasi dapat dipantau secara real-time. Data hasil pemantauan tersebut perlu dilaporkan secara berkala dan terbuka kepada masyarakat sebagai bentuk transparansi serta akuntabilitas pengelolaan lingkungan industri.

Selain itu, upaya pengendalian juga dapat diterapkan melalui sistem penyegaran udara. Sistem ini berfungsi menurunkan suhu dan mengatur kelembapan udara hingga mencapai kondisi yang sesuai dengan standar kenyamanan dan kebutuhan operasional. Salah satu langkah teknis yang dilakukan adalah pemasangan mesin penghisap debu (*dust collector*) di area produksi, yang berperan dalam menangkap dan mengurangi emisi partikulat yang dihasilkan dari proses kerja peralatan industri [9]. Perangkat pengendali emisi debu perlu diterapkan secara optimal pada seluruh tahapan kegiatan penambangan dan proses produksi semen, sementara teknologi penangkap serta pemisah gas buang sebaiknya terus ditingkatkan penggunaannya untuk meminimalkan pencemaran udara [10]. Selain itu, upaya seperti penyiraman area terbuka, penggunaan penutup pada *conveyor belt*, pembatasan kecepatan kendaraan operasional, dan penyediaan fasilitas *truck washing* juga perlu diterapkan untuk mengurangi emisi sekunder akibat aktivitas transportasi dan *material handling*.

Berdasarkan konteks tata ruang, perlu ditetapkan zona penyangga vegetatif (*green buffer*) pada arah angin dominan dari sumber emisi ke area permukiman. Penanaman vegetasi berlapis dengan spesies lokal berdaun rapat dan berumur panjang akan berfungsi sebagai penyaring alami debu dan gas polutan [11]. Penerapan kebijakan ini tidak hanya mendukung penurunan konsentrasi polutan di udara ambien, tetapi juga meningkatkan estetika lingkungan serta kenyamanan termal di sekitar area industri. Selain itu, penggunaan alat pelindung diri berupa masker diwajibkan bagi pekerja untuk mencegah paparan langsung terhadap debu di area pabrik. Secara keseluruhan, penerapan sistem penyegaran udara ini tidak hanya bertujuan mengendalikan emisi, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja bagi tenaga kerja di lingkungan pabrik [9].

4. CONCLUSION

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan produksi pada industri semen PT X yang berlokasi di Desa Wajok Hulu, Kecamatan Jongkat, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat masih menghasilkan emisi udara dalam batas aman sesuai ketentuan standar nasional. Pengukuran kualitas udara ambien yang dilakukan di dua titik pengamatan yakni area produksi dan area pintu masuk menunjukkan bahwa seluruh parameter pencemar, meliputi Karbon Monoksida (CO), Ozon (O₃), Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), Particulate Matter (PM₁₀ dan PM_{2.5}), serta Hidrokarbon (HC), berada di bawah baku mutu udara ambien yang tercantum dalam Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang

Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil konversi konsentrasi polutan ke dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) berdasarkan PermenLHK Nomor 14 Tahun 2020 menunjukkan bahwa seluruh parameter memiliki nilai ISPU < 50 , yang dikategorikan sebagai “Baik”. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas udara ambien di sekitar kawasan industri semen PT X masih tergolong bersih dan tidak menunjukkan indikasi adanya tekanan pencemaran yang berarti terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat sekitar. Pengendalian emisi udara pada industri semen PT X telah terlaksana secara efektif dan sejalan dengan peraturan lingkungan yang berlaku. Namun peningkatan upaya mitigasi tetap diperlukan, antara lain melalui penerapan sistem penyegaran dan sirkulasi udara, pemantauan ISPU secara berkala, serta pengembangan sistem pemantauan emisi berbasis real-time. Selain itu, penerapan prinsip industri hijau dan peningkatan efisiensi peralatan pengendalian emisi direkomendasikan sebagai langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan melindungi kesehatan masyarakat di wilayah sekitar pabrik. Penelitian lanjutan dengan mengintegrasikan pendekatan pemodelan dispersi polutan menggunakan perangkat seperti AERMOD atau CALPUFF yang didukung oleh data meteorologi lokal perlu dilakukan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika sebaran polutan di sekitar kawasan industri semen. Selain itu, diperlukan pula penelitian lanjutan yang mengkaji paparan individu dan risiko kesehatan (*Health Risk Assessment*) akibat polutan di sekitar industri semen. Penelitian ini dapat memberikan gambaran mengenai tingkat risiko non-karsinogenik maupun karsinogenik pada populasi yang tinggal di sekitar kawasan industri semen.

REFERENCES

- [1] R. N. Sari, W. Astuti, and L. Suminar, “Dampak Industri PT . Semen Indonesia Pabrik Tuban terhadap Kondisi Permukiman di Sekitarnya,” *J. Perenc. Wilayah, Kota Dan Permukiman.*, vol. 7, no. 1, pp. 149–161, 2025.
- [2] F. U. Nwogu, E. A. Ubuoh, C. Kanu, E. E. Ogbaji, and N. Nwawuikwe, “Effect of cement production processes on dry atmospheric chemistry in South-South Nigeria,” *Environ. Sci. Eur.*, vol. 37, no. 90, pp. 1–23, 2025, doi: 10.1186/s12302-025-01135-4.
- [3] C. . Sudhakar and U. G. Reddy, “Impacts of cement industry air pollutants on the environment and satellite data applications for air quality monitoring and management,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 195, no. 7, pp. 1–16, 2023, doi: 10.1007/s10661-023-11408-1.
- [4] A. Bărbulescu and K. Hosen, “Cement Industry Pollution and Its Impact on the Environment and Population Health: A Review,” *Toxics*, vol. 13, no. 7, pp. 1–24, 2025, doi: 10.3390/toxics13070587.
- [5] A. N. Khalizah, M. Apriani, and A. E. Afiuddin, “Life Cycle Assessment Emisi ke Udara pada Proses Pembakaran di Kiln PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk . Pabrik Tuban,” in *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology Program*, 2015, pp. 137–142.

- [6] M. I. I. Akbar, “Analisis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Parameter CO di Jalan AP. Pettarani Makassar Tahun 2021,” Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2022.
- [7] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, *Lampiran VII PP RI Nomor 22 Tahun 2021*, no. 1. 2021, pp. 1–5.
- [8] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020, *Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020*. 2020, pp. 1–16.
- [9] D. Safitri, M. M. Muzaki, and S. Safaruddin, “Observasi Sifat, Kandungan Kimia & Kadar Debu Di Pt. Semen Baturaja,” *J. Multidisipliner Bharasumba*, vol. 1, no. 03, pp. 445–461, 2022, doi: 10.62668/bharasumba.v1i04.296.
- [10] S. S. Mehraj and G. A. Bhat, *Cement Factories , Air Pollution and Consequences*. New York: Marsland Press, 2013.
- [11] R. W. N. Palureng, “Efektivitas Jerapan Total Suspended Particulate oleh Pohon Tanjung (Mimusops elengi) sebagai Tanaman Barrier di Jalan Khatulistiwa Pontianak,” *J. Teknol. Lingkung. Laban Basah*, vol. 10, no. 1, pp. 048–056, 2022, doi: 10.26418/jtlb.v10i1.51650.