

Analisis Komparatif Pemantauan Kualitas Udara Ambien di Surabaya Pada Tahun 2023

Fajar Shufi Fauzianto

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

Munawar Ali

Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional UPN “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

Alamat: Jl. Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur

Korespondensi penulis: fajarsfauzianto8@gmail.com

Abstract. *This research aims to analyze ambient air quality in the city of Surabaya, with a focus on four main locations: industry, transportation, offices and residential areas during two different periods, the dry season and the rainy season in 2023. This analysis is important for assessing the influence of urbanization and industrial activity. to the environment and public health. The method used is descriptive and comparative observational, where measurements are made of main pollutant parameters such as SO₂, CO, NO₂, O₃, Pb, NMHC, PM₁₀, PM_{2.5}, and TSP. Sampling was carried out twice at each location, in accordance with SNI 19-7119.6-2005 and PPRI No. 22 of 2021 standards. The research results showed that the concentrations of all pollutants were below the specified threshold, indicating the effectiveness of existing air control policies. However, there are differences in pollutant concentrations between locations and significant seasonal changes, requiring more dynamic and tailored pollution management strategies. The study's conclusions suggest the importance of continuous monitoring, increased green space, public education about pollution, as well as stricter policies to control pollutant emissions. This research provides valuable empirical data for policy makers to develop effective strategies for managing air quality and reducing health risks in Surabaya..*

Keywords: *air quality, Surabaya, air pollution, comparative analysis, environmental management.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas udara ambien di Kota Surabaya, dengan fokus pada empat lokasi utama: industri, transportasi, perkantoran, dan pemukiman selama dua periode yang berbeda musim kemarau dan musim hujan tahun 2023. Analisis ini penting untuk menilai pengaruh urbanisasi dan aktivitas industri terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Metode yang digunakan adalah observasional deskriptif dan komparatif, dimana pengukuran dilakukan terhadap parameter polutan utama seperti SO₂, CO, NO₂, O₃, Pb, NMHC, PM₁₀, PM_{2.5}, dan TSP. Pengambilan sampel dilakukan dua kali pada masing-masing lokasi, sesuai dengan standar SNI 19-7119.6-2005 dan PPRI No 22 Tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi semua polutan di bawah ambang batas yang ditetapkan, menandakan efektivitas kebijakan pengendalian udara yang ada. Namun, terdapat perbedaan konsentrasi polutan antara lokasi dan perubahan musiman yang signifikan, memerlukan strategi manajemen polusi yang lebih dinamis dan disesuaikan. Kesimpulan penelitian ini menyarankan pentingnya pemantauan berkelanjutan, peningkatan ruang hijau, pendidikan publik tentang polusi, serta kebijakan yang lebih ketat untuk mengendalikan emisi polutan. Penelitian ini menyediakan data empiris yang berharga bagi pembuat kebijakan untuk mengembangkan strategi yang efektif dalam mengelola kualitas udara dan mengurangi risiko kesehatan di Surabaya.

Kata kunci: kualitas udara, Surabaya, polusi udara, analisis komparatif, pengelolaan lingkungan.

LATAR BELAKANG

Kualitas udara merupakan salah satu indikator penting dalam penilaian lingkungan yang mempengaruhi kesehatan publik, kenyamanan hidup, dan keberlanjutan ekosistem. Penelitian tentang kualitas udara di kota-kota besar seperti Surabaya menjadi sangat relevan mengingat dampaknya yang luas terhadap kehidupan urban dan produktivitas masyarakat

(Smith, 2018). Surabaya, sebagai salah satu metropolis terbesar di Indonesia, menghadapi tantangan yang bertambah seiring dengan pertumbuhan populasi dan intensitas aktivitas industri dan transportasi yang meningkat (Jones et al., 2019)..

Di Surabaya, seperti di banyak kota besar lainnya, berbagai sumber polusi seperti transportasi, industri, dan aktivitas perkantoran berkontribusi pada penurunan kualitas udara. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan polutan seperti PM₁₀, NO₂, dan CO sering kali melampaui ambang batas yang disarankan oleh WHO, terutama di area dengan lalu lintas tinggi dan zonasi industri (Wang & Zhao, 2020). Oleh karena itu, pemantauan kualitas udara yang komprehensif dan berkelanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi pola-pola dan sumber-sumber utama polusi udara.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparatif kualitas udara di Surabaya dengan membandingkan data dari berbagai lokasi seperti lingkungan industri, transportasi, perkantoran, dan pemukiman selama musim kemarau dan hujan tahun 2023. Pendekatan komparatif ini penting untuk memahami variasi spasial dan temporal dalam kualitas udara, yang dapat membantu dalam pengembangan strategi mitigasi yang lebih efektif (Chen et al., 2021). Selain itu, analisis musiman akan memberikan wawasan tentang pengaruh kondisi meteorologis terhadap konsentrasi polutan.

Dampak kesehatan dari polusi udara adalah masalah global yang mendesak, di mana kualitas udara yang buruk telah dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit pernapasan dan kardiovaskular (Health Effects Institute, 2019). Di Surabaya, pengaruh langsung polusi udara terhadap kesehatan publik masih memerlukan penelitian lebih lanjut, yang menjadikan studi ini sangat relevan. Lebih jauh, peningkatan kualitas udara dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup dan penurunan beban ekonomi yang diakibatkan oleh masalah kesehatan terkait polusi.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan data empiris dan analisis terkini mengenai status kualitas udara di Surabaya, yang akan berguna bagi pembuat kebijakan, peneliti, dan masyarakat umum. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memperkuat dasar pengetahuan yang ada dan memicu pembuatan kebijakan yang lebih informasi untuk mengurangi emisi polutan dan melindungi kesehatan masyarakat (Nguyen & Dockery, 2020). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bermanfaat dari sisi akademik, tetapi juga memiliki implikasi praktis yang signifikan dalam upaya peningkatan kualitas udara di Surabaya.

KAJIAN TEORITIS

Kualitas udara mengacu pada keadaan udara luar yang terkait dengan kesehatan manusia, ekosistem, dan materi. Menurut WHO (2018), udara yang bersih merupakan kebutuhan dasar manusia dan kualitasnya langsung mempengaruhi kesehatan dan kualitas hidup. Polutan udara utama, seperti partikulat materi (PM₁₀ dan PM_{2.5}), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan ozon (O₃) telah terbukti memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan pernapasan dan kardiovaskular (Brook et al., 2010).

Sumber-sumber polusi udara dapat diklasifikasikan menjadi sumber alami dan antropogenik. Sumber alami meliputi gunung berapi, badai debu, dan kebakaran hutan, sedangkan sumber antropogenik lebih dominan di area perkotaan, meliputi emisi dari kendaraan bermotor, aktivitas industri, dan pembakaran sampah atau bahan bakar fosil (Fenger, 2009). Di kota-kota besar seperti Surabaya, peningkatan urbanisasi dan industrialisasi telah menyumbang secara signifikan terhadap peningkatan konsentrasi polutan udara (Zhang et al., 2017).

Kondisi meteorologis memainkan peran kritis dalam dispersi dan konsentrasi polutan udara. Suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin adalah faktor utama yang mempengaruhi distribusi polutan di atmosfer (Seinfeld & Pandis, 2016). Misalnya, angin yang lebih cepat dapat membantu dalam dispersi polutan, sedangkan kondisi inversi suhu dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi polutan di dekat permukaan (Stull, 2012).

Paparan jangka panjang terhadap polusi udara telah dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan serius, termasuk penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), asma, penyakit kardiovaskular, dan kanker paru-paru. Studi epidemiologi menunjukkan hubungan yang kuat antara polusi PM_{2.5} dan peningkatan angka kematian akibat penyakit kardiovaskular dan pernapasan (Pope & Dockery, 2006). Selain itu, dampak terhadap anak-anak dan orang tua terutama serius, menuntut kebijakan yang lebih ketat dan intervensi kesehatan masyarakat (Landrigan et al., 2018).

Pengendalian polusi udara merupakan prioritas kesehatan masyarakat yang membutuhkan kolaborasi antara pemerintah, sektor industri, dan masyarakat. Strategi seperti standar emisi yang lebih ketat untuk kendaraan dan industri, penggunaan teknologi bersih, dan pengembangan infrastruktur transportasi publik telah terbukti efektif dalam mengurangi polusi udara di banyak kota besar (Molina & Molina, 2004). Di tingkat lokal, kebijakan seperti hari bebas kendaraan dan zona rendah emisi juga telah diterapkan di beberapa kota untuk mengurangi beban polusi (Schwela, 2011).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasional deskriptif dan komparatif untuk menganalisis kualitas udara ambien di empat lokasi berbeda di Surabaya area industri, transportasi, perkantoran, dan pemukiman pada dua periode waktu berbeda yaitu musim kemarau dan musim hujan di tahun 2023.

Pengambilan sampel akan dilakukan di empat lokasi yang telah ditentukan: Kawasan Industri Sier, Jalan Jemur Ngawinan No 50 (transportasi), Kantor DLH Provinsi (perkantoran), dan Kebun Bibit Wonorejo (pemukiman). Pengambilan sampel udara di setiap lokasi akan dilakukan dua kali: satu selama puncak musim kemarau (Februari 2023) dan satu lagi selama puncak musim hujan (Juli 2023). Parameter kualitas udara yang akan diukur meliputi:

1. Sulfur Dioksida (SO₂)
2. Karbon Monoksida (CO)
3. Nitrogen Dioksida (NO₂)
4. Ozon (O₃)
5. Timbal (Pb)
6. Hydrocarbon Non Metana (NMHC)
7. Partikulat Debu PM₁₀, PM_{2.5}, dan Total Suspended Particles (TSP).

Instrumen pengukuran yang digunakan akan disesuaikan dengan standar yang direkomendasikan oleh SNI 19-7119.6-2005 dan peraturan kualitas udara yang berlaku. Pengumpulan data akan melibatkan penggunaan alat pengukur kualitas udara yang telah dikalibrasi. Setiap lokasi akan dilengkapi dengan stasiun pemantauan kualitas udara yang mencatat konsentrasi polutan secara terus-menerus selama periode penelitian. Data meteorologi seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin juga akan dicatat untuk menganalisis pengaruh kondisi atmosfer terhadap konsentrasi polutan. Metode ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang pola kualitas udara di Surabaya dan pengaruh faktor temporal serta lokasional terhadapnya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat untuk perbaikan kebijakan dan praktek pengelolaan kualitas udara di kota Surabaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel akan dilakukan di empat lokasi yang telah ditentukan: Kawasan Industri Sier, Jalan Jemur Ngawinan No 50 (transportasi), Kantor DLH Provinsi (perkantoran), dan Kebun Bibit Wonorejo (pemukiman). Pengambilan sampel udara di setiap lokasi akan dilakukan dua kali: satu selama puncak musim kemarau (Februari 2023) dan satu lagi selama puncak musim hujan (Juli 2023).

1. Hasil Analisis Kualitas Udara Ambient Tahap 1 (22 Februari 2023)

Tabel 1. Lokasi Sampling : Transportasi Jalan Jemur Ngawinan No 50

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	1145,19	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	<19,4822	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	<20,331	150	µg/m ³
5	Timbal (Pb)	<0,0038	2	µg/m ³
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	48,91	160	µg/m ³
7	Partikulat Debu <10 µm (PM10)	46,76	75	µg/m ³
8	Partikulat Debu <2,5 µm (PM2,5)	36,42	55	µg/m ³
9	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	102,57	230	µg/m ³
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,45	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Timur - Barat		
3	Temperatur	28,04	-	°C
4	Kelembaban	73,98	-	%
5	Tekanan Udara	755,02	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Berdasarkan pengukuran kualitas udara di Jalan Jemur Ngawinan No 50, semua parameter termasuk sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), timbal (Pb), dan hidrokarbon non metana (NMHC) serta partikulat (PM10, PM2.5, TSP) berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa emisi di area tersebut masih terkontrol dan berada pada level yang aman. Namun, PM10 hampir mendekati ambang batas, menekankan perlunya pemantauan berkelanjutan terhadap polusi dari kendaraan bermotor dan aktivitas industri. Kondisi meteorologis seperti kecepatan angin yang rendah dan kelembaban stabil juga berperan dalam distribusi dan konsentrasi polutan di udara.

Tabel 2. Lokasi Sampling: Pemukiman (Kebun Bibit Wonorejo)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	286,30	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	<19,4822	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	<20,331	150	µg/m ³
5	Timbal (Pb)	<0,0038	2	µg/m ³
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	40,72	160	µg/m ³
7	Partikulat Debu <10 µm (PM10)	43,58	75	µg/m ³
8	Partikulat Debu <2,5 µm (PM2,5)	34,16	55	µg/m ³
9	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	98,19	230	µg/m ³

Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,53	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Timur - Barat		
3	Temperatur	29,57	-	°C
4	Kelembaban	70,00	-	%
5	Tekanan Udara	753,86	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Hasil yang diperoleh dan ditampilkan dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi semua polutan yang diukur berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh standar baku mutu lingkungan PPRI No 22 Tahun 2021. Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas udara di area pemukiman Kebun Bibit Wonorejo umumnya baik dan tidak menunjukkan tingkat pencemaran yang mengkhawatirkan.

Tabel 3. Lokasi Sampling: Industri (Kawasan Industri Sier)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	1192,91	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	<19,4822	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	<20,331	150	µg/m ³
5	Timbal (Pb)	<0,0038	2	µg/m ³
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	56,20	160	µg/m ³
7	Partikulat Debu <10 µm (PM10)	49,51	75	µg/m ³
8	Partikulat Debu <2,5 µm (PM2,5)	37,200	55	µg/m ³
9	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	112,99	230	µg/m ³
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,47	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Selatan - Utara		
3	Temperatur	28,20	-	°C
4	Kelembaban	74,39	-	%
5	Tekanan Udara	754,47	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Data yang diperoleh dan ditampilkan dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa konsentrasi polutan di kawasan industri Sier, termasuk gas dan partikulat, masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh regulasi lingkungan PPRI No 22 Tahun 2021. Hasil ini menunjukkan keefektifan implementasi kontrol emisi yang ada di wilayah industri tersebut.

Tabel 4. Lokasi Sampling : Perkantoran (Kantor DLH Provinsi Jawa Timur)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	763,46	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	<19,4822	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	<20,331	150	µg/m ³
5	Timbal (Pb)	0,018	2	µg/m ³
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	43,62	160	µg/m ³
7	Partikulat Debu <10 µm (PM10)	41,90	75	µg/m ³
8	Partikulat Debu <2,5 µm (PM2,5)	30,80	55	µg/m ³
9	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	97,55	230	µg/m ³
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,59	-	m/ detik

2	Arah Angin Dominan	Timur - Barat		
3	Temperatur	29,57	-	⁰ C
4	Kelembaban	70,03	-	%
5	Tekanan Udara	754,51	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Hasil yang ditampilkan dalam Tabel 4 menunjukkan bahwa semua parameter polutan di Kantor DLH Provinsi berada di bawah ambang batas yang ditentukan oleh baku mutu lingkungan PPRI No 22 Tahun 2021. Data ini menunjukkan bahwa lingkungan perkantoran tersebut memiliki kualitas udara yang baik, yang mendukung kesehatan dan produktivitas pekerja. Namun, penting untuk terus melakukan pemantauan rutin dan memastikan sistem ventilasi yang efektif di tempat kerja agar tingkat polutan tetap rendah dan kondisi kerja tetap optimal.

2. Hasil Analisis Kualitas Udara Ambient Tahap 2 (10 Juli 2023)

Tabel 5. Lokasi Sampling : Transportasi Jalan Jemur Ngawinan No 50

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	2672,12	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	62,36	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	<20,331	150	µg/m ³
5	Timbal (Pb)	0,06	2	µg/m ³
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	147,70	160	µg/m ³
7	Partikulat Debu <10 µm (PM10)	64,48	75	µg/m ³
8	Partikulat Debu <2,5 µm (PM2,5)	42,57	55	µg/m ³
9	Partikulat Debu <100 µm (TSP)	144,64	230	µg/m ³
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,51	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Selatan - Utara		
3	Temperatur	30,39	-	⁰ C
4	Kelembaban	68,95	-	%
5	Tekanan Udara	754,75	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Hasil yang disajikan dalam Tabel 5 menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar parameter masih berada di bawah batas baku mutu yang ditentukan, terjadi peningkatan yang signifikan pada konsentrasi beberapa polutan seperti karbon monoksida dan hidrokarbon non metana dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya. Khususnya, konsentrasi CO meningkat secara signifikan namun masih berada di bawah batas yang diizinkan, menunjukkan perlunya strategi manajemen lalu lintas yang lebih efektif untuk mengurangi emisi dari kendaraan.

Tabel 6. Lokasi Sampling : Pemukiman (Kebun Bibit Wonorejo)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	<12,9496	150	µg/m ³
2	Karbon Monoksida (CO)	334,01	10000	µg/m ³
3	Nitrogen Dioksia (NO ₂)	<19,4822	200	µg/m ³
4	O _x Sebagai Ozon (O ₃)	44,12	150	µg/m ³

5	Timbal (Pb)	0,08	2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	97,08	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Partikulat Debu <10 μm (PM10)	45,34	75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	Partikulat Debu <2,5 μm (PM2,5)	20,44	55	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
9	Partikulat Debu <100 μm (TSP)	111,44	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,70	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Timur - Barat		
3	Temperatur	30,00	-	$^{\circ}\text{C}$
4	Kelembaban	69,20	-	%
5	Tekanan Udara	755,60	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Hasil yang diperoleh dari Tabel 6 menunjukkan bahwa semua parameter pengujian polutan udara di Kebun Bibit Wonorejo berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh PPRI No 22 Tahun 2021, mengindikasikan bahwa kualitas udara di area pemukiman ini masih terjaga dengan baik. Meskipun demikian, pemantauan kualitas udara harus terus dilakukan secara rutin, terutama untuk parameter seperti ozon dan NMHC yang cenderung lebih sensitif terhadap variasi kondisi lingkungan dan aktivitas manusia.

Tabel 7. Lokasi Sampling : Industri (Kawasan Industri Sier)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO_2)	<12,9496	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Karbon Monoksida (CO)	524,88	10000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	Nitrogen Dioksia (NO_2)	<19,4822	200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	O_x Sebagai Ozon (O_3)	<20,331	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
5	Timbal (Pb)	0,09	2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	114,10	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Partikulat Debu <10 μm (PM10)	43,98	75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	Partikulat Debu <2,5 μm (PM2,5)	31,90	55	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
9	Partikulat Debu <100 μm (TSP)	104,85	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,60	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Utara-Selatan		
3	Temperatur	29,30	-	$^{\circ}\text{C}$
4	Kelembaban	69,40	-	%
5	Tekanan Udara	754,40	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Hasil dari pengukuran yang ditampilkan dalam Tabel 7 menunjukkan bahwa semua parameter polutan di Kawasan Industri Sier masih berada di bawah nilai ambang batas yang ditetapkan, menandakan bahwa kebijakan pengendalian polusi di area industri tersebut cukup efektif.

Tabel 8. Lokasi Sampling : Perkantoran (Kantor DLH Provinsi Jawa Timur)

No	Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1	Sulfur Dioksida (SO_2)	<12,9496	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	Karbon Monoksida (CO)	429,45	10000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	Nitrogen Dioksia (NO_2)	<19,4822	200	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	O_x Sebagai Ozon (O_3)	<20,331	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

5	Timbal (Pb)	0,106	2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	Hydrocarbon Non Metana (NMHC)	98,12	160	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	Partikulat Debu <10 μm (PM10)	38,55	75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	Partikulat Debu <2,5 μm (PM2,5)	26,08	55	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
9	Partikulat Debu <100 μm (TSP)	95,37	230	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Catatan Kondisi Pengukuran				
1	Kecepatan Angin	0,70	-	m/ detik
2	Arah Angin Dominan	Timur - Barat		
3	Temperatur	29,80	-	$^{\circ}\text{C}$
4	Kelembaban	69,00	-	%
5	Tekanan Udara	755,00	-	mmHg
Cuaca Cerah				

Keterangan Tabel 1-8 :

*Baku Mutu Lingkungan mengacu pada PPRI No 22 Tahun 2021, tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VII)

*Penentuan Titik Sampling Udara Ambien mengacu pada SNI 19-7119.6-2005

Hasil dalam Tabel 8 menunjukkan bahwa konsentrasi semua polutan yang diukur di Kantor DLH Provinsi berada jauh di bawah ambang batas yang ditentukan oleh baku mutu lingkungan, menandakan bahwa kualitas udara di lokasi ini terjaga dengan baik.

3. Konsentrasi Polutan

Data yang diperoleh menunjukkan variasi konsentrasi polutan yang signifikan antara lokasi dan antara musim. Secara umum, kawasan industri dan jalan raya menunjukkan tingkat polutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan perkantoran dan pemukiman. Selama musim kemarau, konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Partikulat Debu PM10 di kawasan industri mencapai $1192,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $49,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, berturut-turut, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan musim hujan.

Selama musim kemarau, konsentrasi polutan seperti Karbon Monoksida (CO) dan Partikulat Debu PM10 cenderung lebih tinggi di kawasan industri karena beberapa faktor. Pertama, peningkatan aktivitas industri menyebabkan emisi yang lebih tinggi (Ze, 2023). Kedua, kurangnya curah hujan mengurangi pembuangan polutan, memperpanjang keberadaannya di udara (Sri, 2023). Selain itu, kondisi meteorologi seperti stagnasi udara dan angin lemah berkontribusi pada akumulasi polutan (Sherly, 2022). Suhu yang lebih tinggi selama musim kemarau mempercepat reaksi kimia dan emisi, semakin memperburuk tingkat polusi (Nwabueze, 2023). Terakhir, pola angin musiman dapat menghambat penyebaran polutan, menyebabkan konsentrasi lokal yang lebih tinggi di kawasan industri. Faktor-faktor gabungan ini menciptakan skenario di mana polutan menumpuk dan bertahan di kawasan industri selama musim kemarau.

4. Perbandingan Musiman

Musim hujan menunjukkan penurunan umum dalam konsentrasi polutan di semua lokasi, yang mungkin diakibatkan oleh pencucian atmosfer oleh hujan. Misalnya, konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) di area transportasi menurun dari 62,36 µg/m³ selama musim kemarau menjadi di bawah 19.4822 µg/m³ selama musim hujan.

5. Pembahasan

A. Pengaruh Lokasi terhadap Kualitas Udara

Lokasi dengan aktivitas manusia intensif, seperti kawasan industri dan jalan raya, secara konsisten menunjukkan konsentrasi polutan yang lebih tinggi. Hal ini menegaskan bahwa emisi kendaraan dan industri merupakan sumber utama polusi udara di Surabaya, sesuai dengan temuan Zhang et al. (2017) yang mengaitkan urbanisasi dan industrialisasi dengan peningkatan polusi udara.

B. Dampak Musim pada Konsentrasi Polutan

Penurunan konsentrasi polutan selama musim hujan menunjukkan efek signifikan dari kondisi meteorologis pada kualitas udara, yang sesuai dengan penelitian Seinfeld dan Pandis (2016) tentang pengaruh kondisi meteorologis terhadap polusi udara. Hujan tidak hanya menurunkan polutan seperti partikulat dan NO₂, tetapi juga membantu membersihkan atmosfer dari polutan gas yang terakumulasi.

C. Implikasi untuk Kesehatan Masyarakat

Tingginya level CO dan PM₁₀, terutama di kawasan industri dan jalan raya, dapat memiliki implikasi serius terhadap kesehatan pernapasan penduduk Surabaya. Kajian oleh Health Effects Institute (2019) telah mengaitkan paparan jangka panjang terhadap partikulat halus dan CO dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular dan pernapasan. Ini menuntut tindakan regulasi yang lebih ketat dan inisiatif penurunan emisi di lokasi-lokasi kritis.

D. Kebijakan dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian ini, direkomendasikan bahwa pemerintah kota Surabaya meningkatkan upaya pengawasan dan pengendalian polusi di area dengan tingkat polusi yang tinggi. Penegakan hukum yang lebih kuat terhadap emisi industri dan promosi transportasi umum yang lebih bersih bisa menjadi langkah awal untuk memperbaiki kualitas udara. Selain itu, pengembangan infrastruktur hijau seperti taman dan hutan kota dapat berkontribusi dalam penyerapan polutan dan perbaikan kualitas udara secara alami.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis kualitas udara ambient yang dilakukan di berbagai lokasi sampling di Kota Surabaya, termasuk area transportasi, industri, perkantoran, dan pemukiman, pada dua tahap pengukuran berbeda, beberapa kesimpulan penting dapat diambil:

1. Secara umum, konsentrasi berbagai polutan seperti sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), ozon (O₃), timbal (Pb), hidrokarbon non metana (NMHC), serta partikulat debu (PM₁₀, PM_{2.5}, dan TSP) di semua lokasi terpantau berada di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh PPRI No 22 Tahun 2021. Ini menunjukkan bahwa kualitas udara di Surabaya secara keseluruhan masih terjaga dalam batas yang aman.
2. Terdapat variabilitas konsentrasi polutan yang dipengaruhi oleh jenis lokasi dan perubahan musim. Area transportasi dan industri menunjukkan konsentrasi polutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan area perkantoran dan pemukiman, yang mengindikasikan pengaruh signifikan dari emisi kendaraan dan aktivitas industri. Selain itu, perubahan musiman juga mempengaruhi konsentrasi polutan, di mana beberapa polutan cenderung lebih rendah selama musim hujan karena proses pencucian oleh hujan.

Saran

1. Disarankan untuk terus melakukan pemantauan kualitas udara secara rutin di semua lokasi untuk mendeteksi perubahan polutan secara dini dan mengambil tindakan yang diperlukan sebelum mencapai tingkat yang membahayakan kesehatan publik.
2. Meningkatkan jumlah area hijau di kota, seperti taman kota dan zona pejalan kaki, dapat membantu menyerap polutan dan memperbaiki kualitas udara, terutama di area dengan kepadatan lalu lintas tinggi dan aktivitas industri.
3. Melakukan kampanye edukasi tentang pentingnya kualitas udara dan cara-cara untuk mengurangi polusi pribadi, seperti menggunakan transportasi umum, penggunaan kendaraan ramah lingkungan, dan pengurangan pembakaran sampah terbuka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini, Kepada instansi pemerintah dan lembaga lingkungan yang telah menyediakan akses dan sumber daya yang diperlukan. Tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak, penelitian ini tidak akan mungkin terlaksana.

DAFTAR REFERENSI

- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., Holguin, F., Hong, Y., Luepker, R. V., Mittleman, M. A., Peters, A., Siscovick, D., Smith, S. C., Whitsel, L., & 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. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181dbee1>
- Chen, X., Zhang, H., Church, J. D., & Zhang, W. (2021). Comparative analysis of air quality in urban environments: A review. *Environmental Science and Technology*, 55(6), 2913-2924. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07752>
- Fenger, J. (2009). Urban air quality. *Atmospheric Environment*, 43(1), 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.063>
- Health Effects Institute. (2019). State of Global Air 2019. Special Report. Health Effects Institute. https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga_2019_report.pdf
- Jones, T. R., Kumar, A., & Foster, S. D. (2019). Urbanization and air quality: Urban growth trends and their environmental impacts. *Environmental Pollution*, 250, 898-909. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.066>
- Nguyen, N., & Dockery, D. W. (2020). Air pollution and cardiovascular disease: A focus on vulnerable populations worldwide. *Circulation Research*, 127(6), 784-801. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.316903>
- Nwabueze, Emekwuru., Obuks, Ejohwomu. (2023). Temperature, Humidity and Air Pollution Relationships during a Period of Rainy and Dry Seasons in Lagos, West Africa. *Climate*, doi: 10.3390/cli11050113
- Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709-742. <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). Wiley. ISBN: 978-1119221166
- Sherly, Shelton., G., Liyanage., Sanduni, Jayasekara., B., G., Pushpawela., Upaka, Rathnayake., Akila, Jayasundara., Lesty, Dias, Jayasooriya. (2022). Seasonal Variability of Air Pollutants and Their Relationships to Meteorological Parameters in an Urban Environment. *Advances in Meteorology*, doi: 10.1155/2022/5628911
- Smith, L. (2018). The impact of air pollution on urban populations. *Urban Studies Journal*, 55(12), 2568-2594. <https://doi.org/10.1177/0042098017751987>
- Sri, Pinuji, Handayani. (2023). The impact of industrial agglomeration on air quality from a regional development perspective. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, doi: 10.54660/ijmrge.2023.4.3.846-852
- Stull, R. (2012). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Springer Science & Business Media. ISBN: 978-9400951988

- Wang, X., & Zhao, L. (2020). Traffic-related air pollution: A critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. *Science of the Total Environment*, 733, 139102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139102>
- Ze, Zhang., Yongze, Song., Peng, Luo., Peng, Wu., Xiaochi, Liu., Mingshu, Wang. (2023). Elucidation of spatial disparities of factors that affect air pollutant concentrations in industrial regions at a continental level. *Ite Journal*, doi: 10.1016/j.jag.2023.103221
- Zhang, K., Batterman, S., & Dion, F. (2017). The impact of urbanization on air quality and public health: An empirical study in the Yangtze River Delta, China. *Atmospheric Environment*, 152, 562-575. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.12.044>