

Analisis Perbandingan Kualitas Udara Ambien (SO₂ dan NO₂) Pada Musim Kemarau dan Musim Hujan

Dea K Nurlaili¹, dan Novirina Hendrasarie²

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur

* Correspondence author: novirina@upnjatim.ac.id

Received: 8 October 2023; Accepted: 19 March 2025; Published: 31 May 2025

Abstract

Air is one of important component for the survival of creatures on earth. The increase in population and activities that occur causes air quality to deteriorate, this is because the emissions produced also increase. This research aims to determine the distribution of ambient air quality in an area and its comparison during the dry season and during the rainy season. The analytical method used in this study is by measuring using a *Passive Sampler* and using Surfer software to be able to determine then level of air quality distribution. The parameters of ambient air quality that are measured are Sulfur Dioxide (SO₂) and Nitrogen Dioxide (NO₂) air pollutants. The results of measurements during the dry season, the average ambient air quality is higher than during the rainy season, which means that during the dry season, the air quality is worse than during the rainy season. This is because when high temperatures exceed normal limits and last for a long time, the resulting heat waves can cause air quality conditions to improve.

Keywords: Ambient air quality, SO₂ and NO₂, *Passive Sampler*.

Abstrak

Udara merupakan salah satu komponen yang penting dalam keberlangsungan hidup makhluk yang ada di bumi ini. Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas yang terjadi menyebabkan kualitas udara memburuk, hal ini dikarenakan emisi yang dihasilkan juga meningkat. Penelitian ini ditujukan agar dapat mengetahui persebaran kualitas udara ambien pada suatu daerah dan perbandingannya pada saat musim kemarau dan pada saat musim hujan. Metode analisa yang digunakan pada penelitian, yakni dengan pengukuran menggunakan *Passive Sampler* dan penggunaan software Surfer untuk dapat mengetahui tingkat persebaran kualitas udara. Dengan parameter kualitas udara ambien yang diukur yakni berupa polutan udara Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂). Hasil dari pengukuran pada saat musim kemarau rata-rata kualitas udara ambien lebih tinggi daripada pada saat musim hujan yang berarti pada saat musim kemarau kualitas udara lebih buruk daripada saat musim hujan. Hal ini dikarenakan ketika suhu tinggi melebihi batas normal dan bertahan untuk waktu yang lama, gelombang panas yang dihasilkan dapat menyebabkan kondisi kualitas udara meningkat.

Kata kunci: Kualitas udara ambien, SO₂ dan NO₂, *Passive Sampler*.

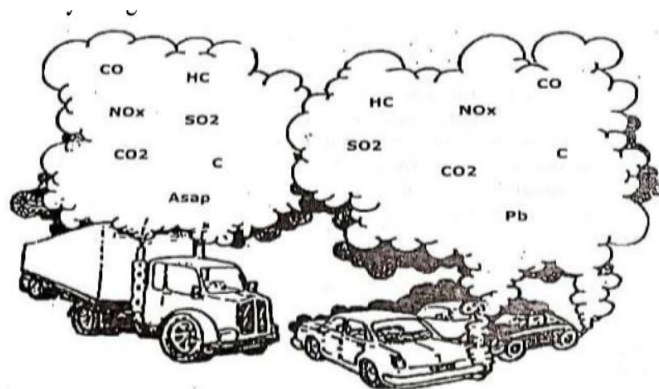
1. Pendahuluan

Belakangan ini Indonesia menjadi pusat perhatian dunia karena kualitas udaranya yang semakin memburuk [1]. Terlebih masyarakat Indonesia di gemparkan oleh berita mengenai pencemaran kualitas udara di ibu kota negara yang sangat mengkhawatirkan. Tidak hanya di ibu kota negara pencemaran kualitas udara juga terjadi di kota-kota lainnya.

Udara yang sering kali kita temui yakni udara emisi dan udara ambien. Udara yang diemisikan mengacu pada udara yang dilepaskan ke atmosfer akibat aktivitas manusia, yang mempunyai kapasitas untuk berkontribusi terhadap polusi udara. Di sisi lain, udara ambien menunjukkan kehadiran udara tidak terbatas di dalam lapisan troposfer. Pengendalian udara emisi dan udara ambien dapat dilakukan dengan cara memantau atau mengukur kualitas udara [2].

Sebagai komponen penting bagi tubuh makhluk hidup maka diperlukan udara ambien yang berkualitas baik agar tidak menimbulkan dampak buruk pada kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk memperoleh kualitas udara ambien yang baik maka perlu dilakukan pengendalian pencemaran udara. Pemantauan polusi udara dilakukan dengan menggabungkan dan mengukur kualitas udara, baik udara ambien maupun emisi. Pengukuran kualitas udara ambien dapat dilakukan di kawasan pemukiman, kawasan industri, dan kawasan dengan lalu lintas padat. Pengukuran kualitas udara ambien juga dilakukan terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi menjadi pencemar, antara lain SO_2 , NO_x , CO dan lain-lain. [3].

Sumber pencemaran udara dapat disebabkan oleh kegiatan-kegiatan manusia, aktivitas ini dapat berupa kegiatan sehari-hari masyarakat dan kegiatan industri. Salah satu contoh kegiatan manusia yang merupakan penunjang utama yang dapat memperburuk kualitas udara yakni berkendara.



Gambar1. Sumber Pencemar Udara oleh Kendaraan

Mayoritas pencemaran udara, khususnya 70%, disebabkan oleh aktivitas transportasi. Pentingnya pencemaran udara akibat kegiatan transportasi terletak pada peran penting kendaraan bermotor. Kemacetan, kebisingan, dan pencemaran akibat penggunaan kendaraan bermotor semakin tidak terkendali [4]. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama polusi udara, termasuk produksi CO, NO_x, hidrokarbon, SO₂, dan timbal tetraetil, Unsur logam yang mengandung timbal dimasukkan ke dalam bensin di bawah standar untuk meningkatkan nilai oktan, sehingga mengurangi risiko kebakaran dan ledakan mesin [5].

Emisi atau pencemaran udara yang dihasilkan oleh industri sangat bergantung pada jenis dan proses industri tersebut. Emisi industri berasal dari proses, peralatan atau utilitas yang digunakan oleh industri. Berbagai industri dan pusat pembangkit listrik memanfaatkan energi panas dari hasil pembakaran batu bara dan bensin, dimana pembakaran yang dihasilkan adalah keluarnya SO₂, asap dan bahan pencemar lainnya. [6].

Jika bahan pencemar tetap berada di udara dalam jangka waktu yang lama, maka dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, baik bagi manusia maupun hewan dan tumbuhan. Polusi udara mempunyai dampak yang signifikan, meliputi terganggunya kesejahteraan organisme, degradasi ekosistem, dan terjadinya hujan asam [7].

SO₂, NO₂, CO, dan Ozon Partikulat yang merupakan parameter polutan utama sangat mempengaruhi kesehatan manusia terutama menyangkut masalah kesehatan. Salah satu penyakitnya yaitu *Chronic Non Specific Respiratory Diseases* (CNRSD) seperti asma, bronchitis dan penyakit lainnya. Penyebab utama dari tercemarnya paru-paru yaitu disebabkan oleh NO_x, SO₂, Ozon dan Partikulat [8].

Sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) merupakan beberapa polutan yang dihasilkan oleh kegiatan industri, termasuk pembakaran bahan bakar fosil, solar, dan mesin kendaraan, yang selanjutnya masuk ke atmosfer. Meningkatnya aktivitas dan mobilitas yang tinggi dipertanian juga menjadi salah satu faktor pendorong meningkatnya emisi kedua gas tersebut.

Keberadaan zat pencemar udara di lingkungan dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, berperan sebagai penghambat atau pemicu terbentuknya zat pencemar. Faktor meteorologi yang dapat mempengaruhi pencemaran udara antara lain suhu, kelembaban dan arah angin. Turbulensi atmosfer dan reaksi kimia dapat dipengaruhi oleh variasi suhu udara. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh [10] menunjukkan bahwa di sebagian besar kota di China, terdapat korelasi antara suhu, kelembaban udara dan konsentrasi polutan udara. Suhu udara dan keberadaan polutan di udara juga mempengaruhi kesehatan secara bersamaan. Pergerakan

udara atau angin dapat mempengaruhi distribusi dan pengangkutan bahan pencemar di atmosfer, baik secara lokal maupun regional. Polutan dari sumber-sumber ini dapat terlarut di atmosfer dan terbawa angin. [11].

Metode *Passive Sampler* dapat digunakan sebagai sarana pemantauan kualitas udara dan mitigasi polusi udara. Metode *passive sampler* seperti yang dijelaskan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2020) menggunakan sistem penyerapan gas yang mengandalkan difusi melalui media kontak dalam durasi tertentu, tanpa memerlukan pompa hisap. Metode ini memanfaatkan sifat fisik yang melekat pada gas yang menyebar. Pergerakan partikel terjadi dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah.

Pemanfaatan metode *Passive Sampler* merupakan pendekatan potensial untuk memantau kualitas udara dan mengurangi polusi udara. Metode *Passive Sampler* sebagaimana dijelaskan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2020) merupakan suatu teknik yang menggunakan sistem penyerapan gas untuk memfasilitasi difusi melalui media kontak dalam durasi tertentu, tanpa memerlukan penyedotan. pompa. Metode ini memanfaatkan sifat fisik yang melekat pada gas, yang memungkinkannya berdifusi dari daerah dengan konsentrasi lebih tinggi ke daerah dengan konsentrasi lebih rendah. Perkembangan awal teknik sampler pasif terjadi di Inggris, ketika Lilin Pb digunakan untuk menangkap polutan sulfur dioksida (SO_2) yang ada di atmosfer sekitar. Namun, karena masalah lingkungan, bahan kimia alternatif telah menggantikan penggunaan Pb.

Passive Sampler memiliki point plus dikarenakan penggunaannya yang mudah untuk sampling, dimana tidak diperlukan baterai ataupun pompa untuk keperluan sampling, tidak terpengaruh pada perubahan cuaca seperti kecepatan atau arah angin, kelembapan udara dan biaya yang relatif murah [12].

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengkaji sebaran spasial kualitas udara ambien di suatu wilayah tertentu, dan membandingkan tingkat kualitas udara antara musim kemarau dan musim hujan. Metode analisa yang digunakan pada penelitian yakni dengan pengukuran menggunakan *Passive Sampler* dan penggunaan software *Surfer* untuk dapat mengetahui tingkat persebaran kualitas udara. Analisa ini digunakan untuk dapat mengetahui tingkat persebaran gas SO_2 dan NO_2 di Kabupaten Magetan dan pengelompokannya untuk dapat mengklasifikasi kawasan dengan tingkat polutan tertinggi. Analisis pada penelitian ini juga bertujuan untuk dapat mengetahui bagaimana tingkat persebaran polutan padabsaat musim kemarau dan pada saat musim hujan

2. Metode

Mekanisme yang mendasari metode pengambilan sampel pasif, yang dikenal sebagai *Passive Sampler*, melibatkan proses difusi udara ke dalam wadah sampel tertutup. Penentuan konsentrasi gas dicapai dengan pemanfaatan spektrofotometri. Tujuan pemantauan kualitas udara ambien adalah untuk menilai Indeks Kualitas Udara (IKU), yang merupakan faktor kunci dalam menentukan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) di suatu wilayah

2.1 Metode pengambilan sample

Penelitian ini menggunakan metodologi yang melibatkan pengumpulan sampel udara SO₂ dan NO₂ dari empat lokasi geografis berbeda di Kabupaten Magetan dengan menggunakan alat dan dengan metode *Passive Sampler*. Empat kawasan yang dimaksud dibagi menjadi kawasan industri, kawasan perkantoran, kawasan pemukiman, dan kawasan transportasi. Pemantauan kualitas udara ambien dengan metode *Passive Sampler* yang disebar di 4 kawasan dilaksanakan dalam rentang waktu selama 2 minggu.

Untuk memudahkan perbandingan kualitas udara, dilakukan dua kali pengambilan sampel untuk keperluan penelitian ini, yaitu pada musim kemarau pada bulan Mei dan musim hujan pada bulan Desember.

Pengambilan lokasi sample untuk setiap kawasan dijabarkan pada Tabel 1 :

Tabel 1. Titik sampling pemantauan kualitas udara dengan metode *Passive Sampler*.

No.	Kawasan	Lokasi Sampling	Koordinat
1	Pemukiman	Perumahan Selosari Baru	S: 07° 38' 46,6" E: 111° 18' 58,9"
2	Perkantoran	Jl. Tripandita	S: 07° 38' 24,5" E: 111° 19' 46,3"
3	Transportasi	Taman Air Mancur Pasar Baru	S: 07° 39' 14,6" E: 111° 19' 45,2"
4	Industri	Jl. Raya Ring Road Sukomoro	S: 07° 37' 47,6" E: 111° 22' 10,6"

Titik sampling yang dilakukan harus sama pada kedua musim agar dapat dilakukan analisis perbandingan untuk kedua musim tersebut.

2.2 Metode Analisis

Setelah didapatkannya data hasil uji lab, maka melakukan penginputan pada *software google earth pro* untuk menentukan titik pengambilan lokasi sampling dan *software surfer* untuk dapat mengetahui tingkat konsentrasi polutan dari masing-masing kawasan.

Dengan memasukkan data, akan diperoleh pemahaman sebaran masing-masing polutan pada musim kemarau dan musim hujan sehingga memungkinkan penentuan musim dan lokasi dengan tingkat pencemaran paling tinggi.

3. Hasil penelitian

Faktor pencemaran udara yang diteliti pada penelitian ini adalah sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂). Sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) adalah dua senyawa gas yang telah dipelajari secara ekstensif karena dampaknya terhadap kesehatan manusia. Infeksi pernafasan, kelainan fungsi paru-paru, infeksi selaput lendir, dan kematian merupakan beberapa penyakit yang berhubungan dengan pencemaran udara akibat adanya kedua gas tersebut [13].

3.1 Hasil Pemantauan *Passive Sampler*

Temuan pemantauan udara dengan menggunakan teknik pengambilan sampel pasif yang dikenal dengan *Passive Sampler* telah menghasilkan data analisis laboratorium mengenai kadar SO₂ dan NO₂. Data tersebut disajikan pada Tabel 2 untuk sampel NO₂ yang dikumpulkan dan pada Tabel 3 untuk sampel SO₂.

Tabel 2. Data Hasil Pemantauan Udara Ambien NO₂ Kabupaten

No.	Kawasan	Lokasi Sampling	Koordinat	Hasil Uji NO ₂ (µg/m ³)	
				Kemarau	Penghujan
1.	Pemukiman	Perumahan Selosari Baru	S: 07° 38'46,6" E: 111° 18' 58,9"	3,56	3,91
2.	Perkantoran	Jl. Tripandita	S: 07° 38' 24,5" E: 111° 19' 46,3"	10,62	7,92

3.	Transportasi	Taman Air Mancur Pasar Baru	S:07°39' 14,6" E: 111° 19' 45,2"	16,51	14,38
4.	Industri	Jl. Raya Ring Road Sukomoro	S: 07° 37'47,6" E: 111° 22'10,6"	15,75	5,53

Tabel 3. Data Hasil Pemantauan Udara Ambien SO₂ Kabupaten Magetan

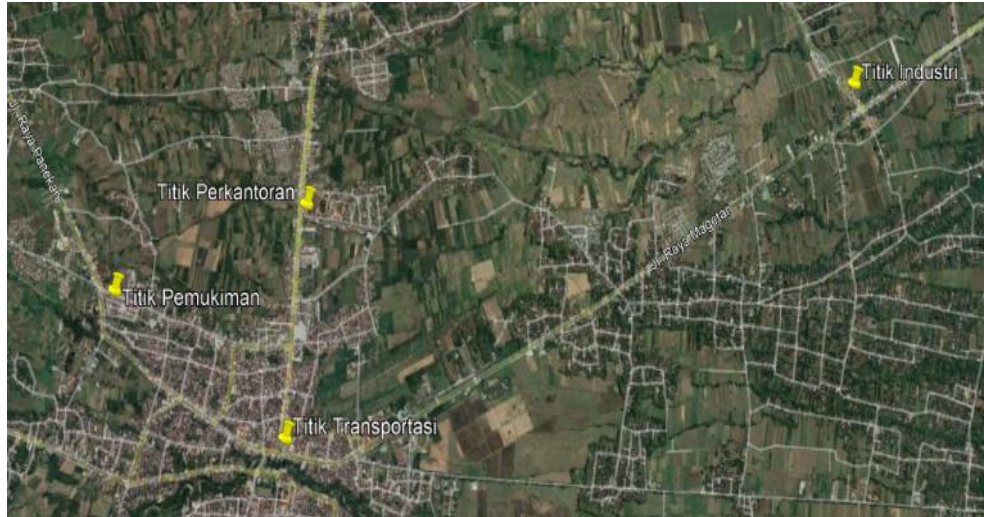
No.	Kawasan	Lokasi Sampling	Koordinat	Hasil Uji SO ₂ (µg/m ³)	
				Kemarau	Penghujan
1.	Pemukiman	Perumahan Selosari Baru	S: 07° 38'46,6" E: 111° 18' 58,9"	4,75	3,79
2.	Perkantoran	Jl. Tripandita	S: 07° 38' 24,5" E: 111° 19' 46,3"	7,36	8,66
3.	Transportasi	Taman Air Mancur Pasar Baru	S:07°39' 14,6" E: 111° 19' 45,2"	9,32	5,37
4.	Industri	Jl. Raya Ring Road Sukomoro	S: 07° 37'47,6" E: 111° 22'10,6"	10,32	7,19

Berdasarkan data yang dikumpulkan, terlihat bahwa konsentrasi polutan SO₂ dan NO₂ tertinggi terdapat di stasiun pengambilan sampel yang terletak di dalam zona transportasi di sepanjang jalur sekitar Taman Air Mancur Pasar Baru. Polutan-polutan ini menunjukkan nilai kadar SO₂ 9,32 µg/m³ dan NO₂ 16,51 µg/m³ pada saat musim kemarau, sedangkan pada musim hujan nilai kadar SO₂ sebesar 5,37 µg/m³ dan NO₂ sebesar 14,38 µg/m³

Tingginya konsentrasi SO₂ dan NO₂ pada zona transportasi ini diduga disebabkan oleh semakin banyaknya kendaraan yang melewati zona tersebut sehingga menyebabkan semakin banyak gas SO₂ dan NO₂ yang lepas ke atmosfer.

3.2 Penginputan Pada Software

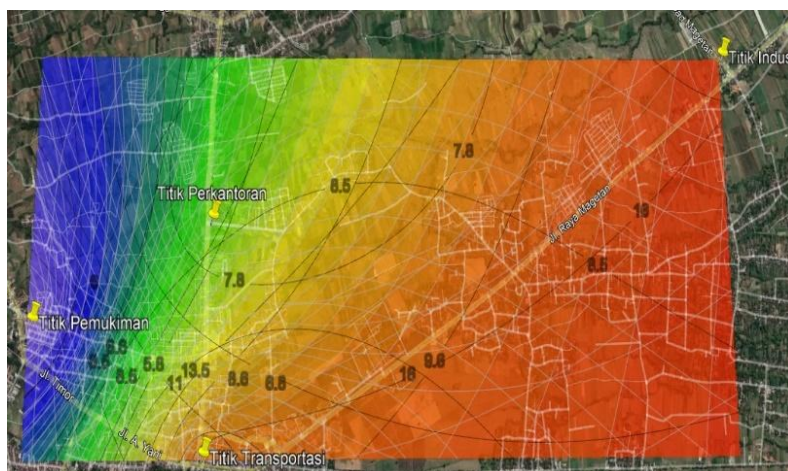
Dari data titik sampling yang ada maka dilakukan penginputan kedalam software google earth pro sehingga di dapatkan titik lokasi seperti pada Gambar 2.



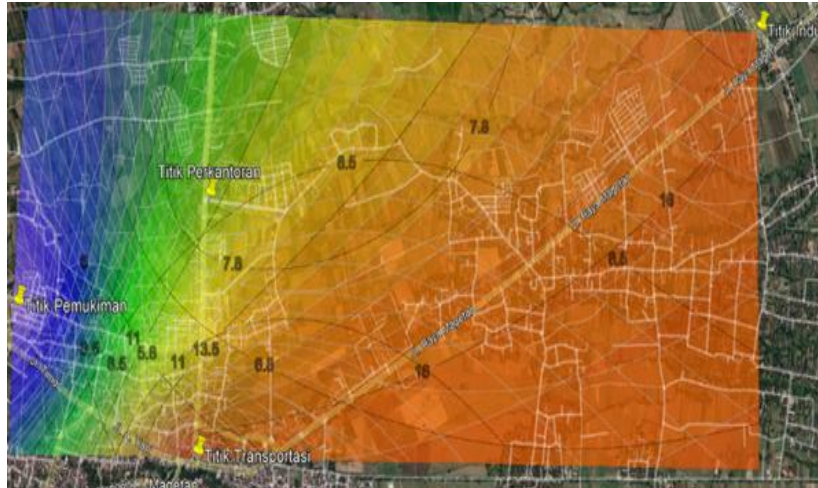
Gambar 2. Titik lokasi Sampling Kualitas Udara Ambien di Kabupaten Magetan

Penginputan titik lokasi sampling dilakukan dengan menambahkan titik koordinat pada *google earth pro*. Sampling untuk kedua musim berada di titik koordinat yang sama sehingga dapat dilakukan analisis perbandingannya.

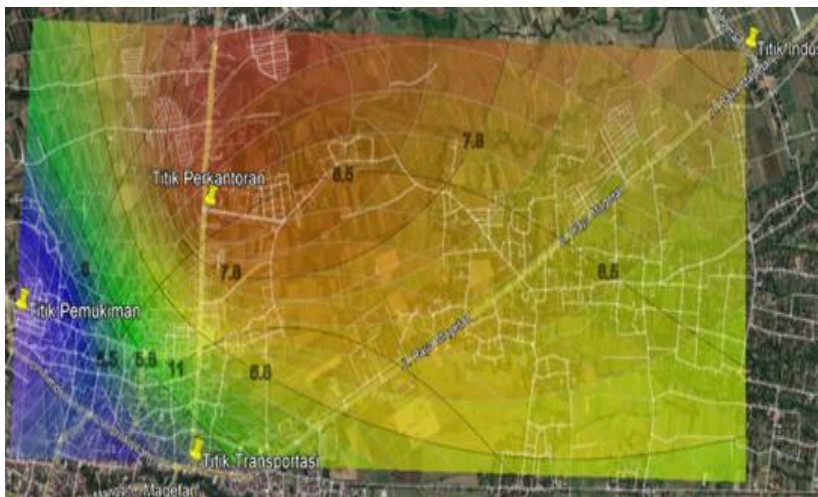
Untuk dapat mengetahui persebarannya maka dilakukan penginputan pada *software Surfer* yang setelah itu di-*export* ke *software google earth pro* sehingga didapatkan persebaran polutan SO₂ dan NO₂ pada saat musim kemarau dan pada saat musim hujan, seperti pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



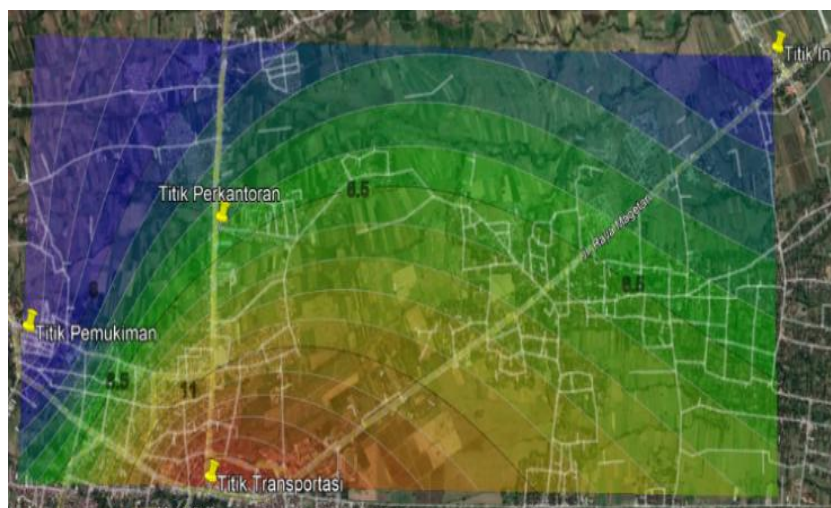
Gambar 3. Persebaran SO₂ pada Saat Musim Kemarau



Gambar 4. Persebaran NO_2 pada Saat Musim Kemarau



Gambar 5. Persebaran SO_2 pada Saat Musim Hujan



Gambar 6. Persebaran NO_2 pada Saat Musim Hujan

Persebaran polutan SO_2 dan NO_2 di atas dapat di bedakan dengan 4 warna, yaitu warna oranye, kuning, hijau, dan biru. Warna oranye kemerahan menandakan bahwa pada daerah

tersebut memiliki tingkat polutan SO_2 dan NO_2 yang paling tinggi. Warna kuning menandakan bahwa pada daerah tersebut tingkat polutannya sedang. Warna hijau menandakan bahwa pada daerah tersebut tingkat polutannya lebih rendah dibanding warna kuning dan yang terakhir biru menandakan bahwa pada daerah tersebut memiliki tingkat polutan yang rendah.

4. Pembahasan

Dalam penyebaran polusi yang menjadi faktor utamanya yaitu angin. Skala angin baik dalam ukuran kecil hingga besar seperti sirkulasi global mempunyai andil dalam penyebaran polusi udara. Turbulensi akibat adanya hambatan seperti struktur pemukiman mempunyai potensi untuk membatasi konstituen polutan di wilayah perkotaan tertentu, sehingga menyebabkan terbentuknya konsentrasi senyawa polutan yang tinggi di wilayah tersebut [14].

Jika melihat gambar diatas kawasan pemukiman memiliki kadar SO_2 dan NO_2 yang paling rendah, Pengamatan terhadap kawasan pemukiman yang berada di zona biru baik pada musim kemarau maupun musim hujan menunjukkan adanya pola yang jelas. Pada musim kemarau kawasan industri merupakan kawasan dengan kadar SO_2 dan NO_2 yang paling tinggi, di mana hal ini terlihat dari bagaimana kawasan pemukiman berada pada zona merah-oranye dan terjadi penurunan kadar polutan pada musim hujan melihat adanya perubahan warna menjadi kuning dan biru, yang berarti kawasan industri merupakan kawasan yang berpotensi sebagai pencemar SO_2 dan NO_2 tertinggi di Kabupaten Magetan. Berbeda dengan titik perkantoran yang awalnya berada pada zona hijau saat musim kemarau lalu menjadi zona merah untuk parameter SO_2 pada saat musim hujan yang berarti terjadi peningkatan aktivitas yang melibatkan emisi sulfur ke atmosfer.

Jika dilihat secara keseluruhan maka terjadi penurunan kadar polutan SO_2 dan NO_2 oleh musim hujan. Dominasi oleh warna merah-oranye pada saat musim kemarau tidak terjadi pada saat musim hujan. Hal ini dapat terjadi karena ketika suhu tinggi melebihi batas normal dan bertahan untuk waktu yang lama, gelombang panas yang dihasilkan dapat menyebabkan kondisi kualitas udara meningkat. Sedangkan ketika hujan turun, air hujan dapat menangkap partikel polutan dan gas berbahaya di atmosfer dan membawanya ke tanah. Hujan juga menghasilkan efek pencucian udara. Air hujan bersifat netral atau sedikit asam (pH 5.6 hingga 7). Ketika air hujan menangkap polutan seperti SO_2 (dioksida belerang) dan NO_2 (dioksida nitrogen) dalam bentuk asam, mereka menjadi asam sulfat dan asam nitrat yang larut dalam air. Ini kemudian dilarutkan dalam air hujan dan turun ke tanah, menjauh dari udara yang kita

hirup. Hujan dapat membantu mengendapkan partikel-partikel polutan yang terbawa oleh udara, seperti debu, asap, dan serbuk halus. Ketika hujan turun, partikel-partikel ini menjadi terlalu berat untuk tetap berada di udara. Namun, perlu dicatat bahwa efek hujan dalam mengurangi polutan tergantung pada berbagai faktor, termasuk intensitas hujan, durasi, jenis polutan, dan kondisi geografis, dan meteorologis lainnya. Selain itu, di beberapa kasus, hujan asam dapat memiliki efek negatif pada lingkungan, seperti merusak tanaman, air tanah, dan bangunan karena tingkat keasaman yang tinggi.

5. Kesimpulan

Kualitas udara ambien pada suatu wilayah sangat ditentukan oleh jumlah kepadatan penduduk di wilayah tersebut, hal ini dikarenakan kepadatan pendudukan memengaruhi tingkat dari aktivitas yang terjadi. Berdasarkan temuan pemantauan kualitas udara, kondisi atmosfer di Kabupaten Magetan masih dinilai sesuai untuk kesejahteraan manusia, sejalan dengan tolok ukur kualitas yang ditetapkan pemerintah dalam PP Nomor. 22 Tahun 2021 untuk udara ambien.

Melihat indeks warna yang tampak pada persebaran polutan SO_2 dan NO_2 melalui software surfer, musim kemarau memiliki tingkat pencemaran cenderung tinggi dibanding pada saat musim hujan. Gambar menunjukkan pada musim kemarau untuk SO_2 dan NO_2 keduanya didominasi dengan warna kuning-oranye, sedangkan pada musim hujan terdapat perbedaan warna dan tingkat polutan dimana pada peta lebih didominasi dengan warna biru-hijau untuk NO_2 dan untuk SO_2 Warna kuning dan oranye masih mendominasi, meskipun intensitasnya lebih rendah dibandingkan periode kemarau. Hal ini dikarenakan ketika suhu tinggi melebihi batas normal dan bertahan untuk waktu yang lama, gelombang panas yang dihasilkan dapat menyebabkan kondisi kualitas udara meningkat

Daftar Pustaka

- [1] M.R. Hendianto, N. Hendrasarie, Kemampuan Filter Rokok Non-Pakai Sebagai Adsorben Dalam Mengurangi Gas Emisi CO Dan HC, *J. Serambi Eng.* 5 (2020) 1427–1433. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2355>.
- [2] P.R. Indonesia, PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.
- [3] Y. Kurniawati, R. T. D., Rahmawati, R., & Wilandari, 136924-ID-pengelo-mpokan-kualitas-udara-ambien-men, 4 (2015) 393–402.

- [4] D.H. Octarika, N. Hendrasarie, Kajian Gas Karbon Monoksida (Co) Kendaraan Bermotor Pada Rencana Jalur Moda Raya Terpadu Surabaya, Semin. Nas. (2020) 33–43.
- [5] M. Wakhidatul, Pengaruh Bahan Bakar Kendaraan Dan Perubahan Suhu Terhadap Polusi Udara (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung), 3 (2021) 6.
- [6] R.D. Ratnani, Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel, Momentum. 4 (2017) 27–32. <https://media.neliti.com/media/publications/114195-ID-none.pdf>.
- [7] J. Abidin, F. Artauli Hasibuan, Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara, Pros. Semin. Nas. Fis. Univ. Riau IV. (2019) 1–7.
- [8] R.K. Haryo Putro, A. Amalia, N. Hendrasarie, Pengaruh Luas Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penurunan No₂ Berdasarkan Nilai Total Kolom Citra Satelit Gome 2 Metop-B, J. Envirotek. 13 (2021) 108–113. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.171>.
- [9] B. Kamarehie, M. Ghaderpoori, A. Jafari, M. Karami, A. Mohammadi, K. Azarshab, A. Ghaderpoury, A. Alinejad, N. Noorizadeh, Quantification of health effects related to SO₂ and NO₂ pollutants using Air quality model, J Adv. Env. Heal. Res. 5 (2017) 44–50.
- [10] J. He, S. Gong, Y. Yu, L. Yu, L. Wu, H. Mao, C. Song, S. Zhao, H. Liu, X. Li, R. Li, Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities, Environ. Pollut. 223 (2017) 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.050>.
- [11] Y. Serlina, Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi NO₂ di Udara Ambien (Studi Kasus Bundaran Hotel Indonesia DKI Jakarta), J. Serambi Eng. 5 (2020). <https://doi.org/10.32672/jse.v5i3.2146>.
- [12] R. Liu, Y. Lin, R. Liu, F. Hu, T. Ruan, G. Jiang, Evaluation of two passive samplers for the analysis of organophosphate esters in the ambient air, Talanta. 147 (2016) 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.034>.
- [13] E. Korbafo, J.K. Mere, F. Kefi, Y. Telsoni, Pemantauan Kualitas Udara (SO₂ dan NO₂) dengan Metode Passive Sampler di Kota Kupang, 6 (2023) 24–25.
- [14] N. Hendrasarie, Kajian Efektifitas Tanaman Dalam Menjerap Kandungan Pb Di Udara, J. Rekayasa Perenc. 3 (2007) 1–15.