

## ANALISIS KUALITAS UDARA PARAMETER $PM_{2.5}$ DI WILAYAH KOTA SORONG BERBASIS ISPU

### ANALYSIS OF AIR QUALITY $PM_{2.5}$ PARAMETER IN SORONG CITY AREA BASED ON ISPU

Ayu Diah Syafaati<sup>1\*</sup>, Siti Najma Nindya Utami<sup>2</sup>, Susilo Arifin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak Vihara Klademak Sorong, Jl. Sungai Remu KM.8 Malanu, Malaingkeci, Kota Sorong, Papua Barat Daya  
E-mail: ayudiahsyafaati17@gmail.com

Naskah masuk: 11 Agustus 2023

Naskah diperbaiki: 9 Oktober 2023

Naskah diterima: 23 Oktober 2023

#### ABSTRAK

Kota Sorong merupakan wilayah yang memiliki luas wilayah sebesar 1.105 km<sup>2</sup> dan menjadi wilayah terpadat penduduknya di Provinsi Papua Barat dan Papua Barat Daya. Seiring meningkatnya jumlah populasi di Kota Sorong, juga meningkatkan aktivitas manusia yang dapat berkontribusi pada meningkatnya konsentrasi  $PM_{2.5}$ . Sumber partikulat di Kota Sorong berasal dari aktivitas antropogenik seperti proyek pembangunan kota, aktivitas kendaraan bermotor, pembakaran biomassa, serta aktivitas masyarakat di wilayah tersebut. Partikulat  $PM_{2.5}$  yang melebihi baku mutu udara ambiennya dapat mengganggu kesehatan manusia. Pengamatan  $PM_{2.5}$  dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Sorong menggunakan instrumen otomatis BAM Met-One 1020. BAM-1020 secara otomatis mengukur dan mencatat tingkat konsentrasi partikel di udara menggunakan prinsip Atenuasi Sinar Beta yaitu pelemahan partikel beta yang mana melalui materi padatan yang terkumpul pada filter fiber. Materi padatan  $PM_{2.5}$  yang terkumpul dalam filter fiber dalam satu volume udara ambien yang dihisap oleh pompa. Secara umum selama September 2021 – Juni 2023, konsentrasi  $PM_{2.5}$  cenderung mengalami kenaikan. Hasil analisis diperoleh bahwa konsentrasi rata-rata harian  $PM_{2.5}$  terukur selama September 2021 – Juni 2023 berada pada range 1,21 – 18,71 ug/m<sup>3</sup>; masih dibawah nilai ambang batas  $PM_{2.5}$  sebesar 55 ug/m<sup>3</sup> (24 Jam). Berdasarkan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter  $PM_{2.5}$ , diketahui nilai ISPU berada pada rentang 0 – 50. Kondisi kualitas udara di wilayah Sorong

selama waktu tersebut berada pada kategori Baik. Pengaruh parameter meteorologi curah hujan dan suhu udara terhadap konsentrasi  $PM_{2.5}$  di Kota Sorong memiliki korelasi paling signifikan dan kuat, dengan nilai  $r=0,8$  (suhu Udara) dan  $r=-0,7$  (curah hujan).

**Kata kunci:**  $PM_{2.5}$ , Baku Mutu Udara, ISPU, Parameter Meteorologi

#### ABSTRACT

Sorong City has an area of 1.105 km<sup>2</sup> and is the most densely populated area in the Provinces of West Papua and Southwest Papua. As the population in Sorong City increases, human activities also increase which can contribute to increasing  $PM_{2.5}$  particulate concentrations. Sources of particulates in Sorong City come from anthropogenic activities such as city development projects, transportations, biomass burning, and other public activities in the area.  $PM_{2.5}$  that exceeds ambient air quality standards can harm human health.  $PM_{2.5}$  Observations were carried out at Global Atmosphere Watch Sorong Station using BAM Met-One 1020 automatic instrument. BAM-1020 automatically measures and records the level of particle concentrations in the air using Beta Ray Attenuation principle, namely the attenuation of beta particles through the collected solid matter on fiber filters.  $PM_{2.5}$  solid matter collected in the fiber filter in a volume of ambient air that is drawn by the pump. In general, during September 2021 – June 2023,  $PM_{2.5}$  concentrations tend to increase. The results of the analysis showed

that the daily average concentration of  $PM_{2.5}$  measured during September 2021 – June 2023 was in the range 1.21 – 18.71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; still below the  $PM_{2.5}$  threshold value of 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (24 hours). Based on the calculation of the  $PM_{2.5}$  parameter Air Pollutant Standard Index (ISPU), it is known that the ISPU value is in the range 0 – 50. Air quality conditions in Sorong area during this time were in the good category. The

influence of meteorological parameters of rainfall and air temperature on  $PM_{2.5}$  concentrations in Sorong City has the most significant and strongest correlation, with a value of  $r=0.8$  (air temperature) and  $r=-0.7$  (rainfall).

**Keywords:**  $PM_{2.5}$ , Air Quality Standards, ISPU, Meteorological Parameters

## 1. Pendahuluan

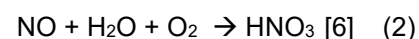
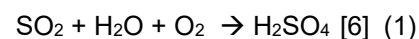
Kualitas udara di suatu wilayah mempengaruhi baik dan buruknya kualitas kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Menurunnya kualitas udara karena pencemaran udara dapat disebabkan oleh faktor alam dan manusia. Faktor alam yang dapat mencemari udara diantaranya adalah debu yang tertiuip angin, asap dari kebakaran semak serta aktivitas vulkanik gunung. Dan faktor manusia yang paling dominan adalah aktivitas transportasi dan perindustrian seiring dengan pertumbuhan penduduk [1]. Menurut Peraturan Pemerintah (PP) No. 41 Tahun 1999 [2], Pencemaran udara diartikan sebagai menurunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya dan akhirnya tidak dapat dipergunakan lagi sebagaimana mestinya sesuai dengan fungsinya.

Kota Sorong merupakan Ibu Kota Provinsi Papua Barat Daya, dengan luas wilayah daratan dan perairannya sebesar 1.105  $\text{Km}^2$ . Keadaan topografi Kota Sorong sangat bervariasi. Sebagian besar wilayah Kota Sorong merupakan daerah pegunungan dan perbukitan, sisanya berupa dataran rendah. Kota Sorong merupakan wilayah terpadat di Wilayah Papua Barat, meskipun memiliki luas wilayah terkecil [3]. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Sorong terjadi peningkatan jumlah penduduk mencapai 295.809 jiwa dengan tingkat pertumbuhan sebesar 1,93% (2020-2023). Sementara itu, peningkatan jumlah kendaraan bermotor juga terjadi sebesar 79% sejak tahun 2017 hingga 2022. Melalui pertumbuhan penduduk dan transportasi di wilayah Kota Sorong dapat mempengaruhi kondisi kualitas udara akibat dari emisi kendaraan yang dihasilkan serta meningkatnya aktivitas manusia.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kondisi kualitas udara di Wilayah Kota Sorong menggunakan parameter Partikulat  $PM_{2.5}$ , dan kategori kualitas udara yang dihitung

berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). *Particulate Matter* (PM) merupakan salah satu komponen berbahaya sebagai penyebab utama tingkat polusi partikulat udara. Karena kemampuannya untuk mengendap jauh di dalam saluran respirasi makhluk hidup, partikel  $PM_{2.5}$  adalah jenis yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang serius [4]. WHO mencatat bahwa pada tahun 2019, tercatat hanya 10% kurang penduduk di kota-kota yang tidak terpapar konsentrasi partikulat halus melebihi standar kualitas udara. Hal tersebut dapat disebabkan oleh konsentrasi PM yang melayang-layang di udara bebas cukup lama, akibatnya polusi lokal terjadi dan menjadi polusi untuk sekitarnya lalu terhirup oleh penduduk kota.

Partikulat yang teremisikan ke atmosfer membawa senyawa yang bersifat asam seperti belerang ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen oksida (NO) dan kembali ke permukaan bumi melalui proses deposisi asam. Deposisi asam yang terjadi dalam bentuk aerosol atau partikulat ini disebut dengan deposisi kering [5].



Senyawa belerang ( $\text{SO}_2$ ) dan nitrogen oksida (NO) dibebaskan ke atmosfer melalui pembakaran bahan bakar fosil dimana oksida-oksida tersebut ditransformasikan menjadi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) melalui reaksi kompleks dan dihilangkan dari atmosfer ke permukaan bumi melalui proses deposisi kering. Hasil dari deposisi kering tersebut dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius [5].

*Particulate Matter* 2,5 ( $PM_{2.5}$ ) merupakan partikel halus di udara yang ukurannya 2,5 mikron atau lebih kecil darinya. *Particulate Matter* dengan ukuran kurang 2,5 mikrometer ( $PM_{2.5}$ ) umumnya bersumber dari dari semua jenis pembakaran, termasuk kendaraan

bermotor, pembangkit listrik, pembakaran kayu di perumahan, kebakaran hutan, pembakaran pertanian, dan beberapa proses industri [7]. Pentingnya pengamatan  $PM_{2.5}$  karena partikulat ini memiliki dampak kesehatan yang lebih berbahaya bagi manusia.

*Particulate Matter* diklasifikasikan berdasarkan diameter aerodinamik [8].  $PM_{2.5}$  adalah konsentrasi massa dari PM untuk partikel yang melewati inlet atau pipa saringan selektif yang memiliki efisiensi 50% pada diameter aerodinamik sebesar  $2,5 \mu m$  [9,10]. Partikulat  $PM_{2.5}$  mempunyai waktu tinggal di atmosfer dalam jangka waktu yang lama dan berpotensi berpenetrasi ke bagian dalam sistem pernafasan manusia.  $PM_{2.5}$  berukuran sangat kecil menyebabkan dapat langsung masuk ke dalam alveoli paru-paru dengan permukaannya yang dapat menyerap sejumlah besar bahan beracun dan berbahaya dan memasuki sistem sirkulasi darah sehingga menuju organ-organ lain, akhirnya dapat menyebabkan kerusakan struktur dan fungsi pada sistem pernafasan dan lainnya [11]. Sebaran  $PM_{2.5}$  dipengaruhi oleh parameter meteorologis dan aktivitas manusia [12].

Batasan masalah pada penelitian ini adalah pengukuran kualitas udara di Wilayah Kota Sorong menggunakan parameter *Particulate Matter* 2,5 ( $PM_{2.5}$ ) selama periode 2021 – 2023 dan dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas Nasional, serta Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Korelasi dengan faktor meteorologi juga dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap konsentrasi  $PM_{2.5}$ .

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Shelter Observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Puncak Vihara Klademak Sorong yang berlokasi di Kawasan Hutan Lindung Klademak Kota Sorong dengan titik koordinat  $-0,88 LS - 131,30 BT$  dan elevasi 220 mdpl.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kualitas udara parameter *Particulate Matter* 2,5 ( $PM_{2.5}$ ) rata-rata harian dan bulanan selama September 2021 – Mei 2023, serta data meteorologi berupa rata-rata bulanan parameter Suhu (T), Tekanan Udara (P), Kelembaban relatif (RH), dan Curah Hujan. Data konsentrasi *Particulate Matter* 2,5 ( $PM_{2.5}$ ) dalam satuan  $\mu g/m^3$  diperoleh dari hasil pengamatan menggunakan Instrumen Otomatis BAM MetOne 1020 secara *real-time*



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Shelter Observasi Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak Vihara Klademak Sorong (Sumber: Google maps)



**Gambar 2.** Instrumen BAM Met-One 1020 (Kiri) dan Shelter Pengukuran  $PM_{2.5}$  (Kanan) (Sumber: Dokumentasi Stasiun)

Prinsip kerja Instrumen BAM MetOne 1020 beroperasi menggunakan metode BAM atau Beta Attenuation Monitor, BAM-1020 secara otomatis mengukur dan mencatat tingkat konsentrasi partikel di udara menggunakan prinsip Atenuasi Sinar Beta yaitu pelemahan partikel beta yang mana melalui materi padatan yang terkumpul pada filter fiber. Materi padatan yang terkumpul dalam filter fiber tidak lain adalah  $PM_{2.5}$  dalam satu volume udara ambient yang dihisap oleh pompa [13]. Instrumen otomatis ini merupakan peralatan pengamatan yang sifatnya menetap di Shelter Pengamatan Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak Vihara Klademak Sorong.

Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini berupa analisis deskriptif dan Koefisien korelasi. Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel sebagaimana adanya. Alat analisis yang digunakan terdiri dari mean (rata-rata), maksimum, dan minimum [14].

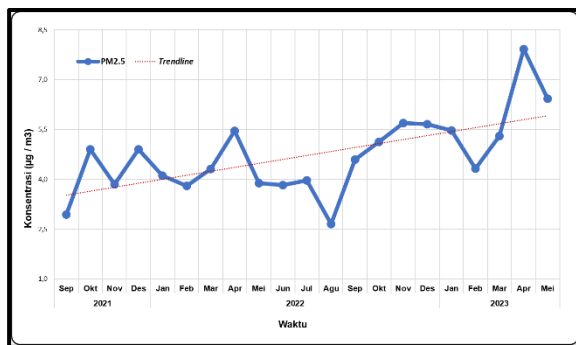
Koefisien korelasi yang digunakan adalah Korelasi Pearson ( $r$ ), untuk mengetahui kuat tidaknya hubungan faktor meteorologi terhadap konsentrasi  $PM_{2.5}$ . Nilai koefisien korelasi berada antara 1 dan -1 ( $-1 \leq r \leq 1$ ). Variabel dikatakan memiliki korelasi yang kuat jika nilai koefisien korelasinya lebih besar dari 0,5 atau

lebih kecil dari  $-0,5$ . Jika nilai koefisien korelasinya positif, berarti kenaikan (penurunan) nilai variable bebas umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) nilai variable tidak bebas, sementara nilai 0 tidak menunjukkan adanya hubungan antara kedua variabel tersebut [15].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Konsentrasi $PM_{2,5}$ Selama 2021 – 2023

Gambar 3 memperlihatkan hasil pengamatan konsentrasi  $PM_{2,5}$  di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Puncak Vihara Klademak Sorong yang terukur selama periode September 2021 – Mei 2023. Konsentrasi rata-rata bulanan Partikulat  $PM_{2,5}$  mengalami fluktuasi dengan kecenderungan mengalami kenaikan yang ditunjukkan oleh garis trendline (garis putus-putus berwarna merah, dengan rentang nilai sebesar  $2,66 - 7,92 \mu g/m^3$ ).



**Gambar 3.** Konsentrasi Rata-rata Bulanan  $PM_{2,5}$  di Wilayah Kota Sorong (Sumber: data diolah)

Pengamatan  $PM_{2,5}$  pada tahun 2021 dimulai pada bulan September hingga Desember, dengan konsentrasi rata-rata bulanan di tahun tersebut terukur pada rentang nilai  $2,94 - 4,90 \mu g/m^3$ . Konsentrasi rata-rata harian maksimum yang teramati sebesar  $9,19 \mu g/m^3$ , terjadi pada tanggal 23 November 2021. Sementara itu, konsentrasi rata-rata harian minimumnya sebesar  $1,63 \mu g/m^3$  terjadi pada tanggal 18 Agustus 2023.

Selama tahun 2022 konsentrasi  $PM_{2,5}$  mengalami kecenderungan penurunan pada bulan Mei hingga Agustus, dan mengalami kenaikan mulai bulan September 2022 hingga akhir tahun 2022. Konsentrasi rata-rata bulanan  $PM_{2,5}$  di tahun 2022 terukur pada rentang  $2,66 - 5,70 \mu g/m^3$ . Di bulan Agustus 2022 terjadi penurunan konsentrasi partikulat, dengan nilai konsentrasi rata-rata bulanan sebesar  $2,66 \mu g/m^3$ , dan konsentrasi partikulat tertinggi tahun

2022 terjadi pada bulan November hingga Desember yaitu sebesar  $5,7$  dan  $5,66 \mu g/m^3$ .

Berdasarkan pengamatan konsentrasi  $PM_{2,5}$  pada tahun 2023 tertinggi terjadi pada bulan April 2023 dengan konsentrasi rata-rata bulanan sebesar  $7,92 \mu g/m^3$  dan terendah pada bulan Februari 2023 sebesar  $4,32 \mu g/m^3$ . Apabila dilihat pada Gambar 3, grafik naik dan turunnya konsentrasi rata-rata bulanan selama Januari hingga Mei pada tahun 2022 dan 2023 memiliki pola fluktuasi yang sama, meskipun di tahun 2023 nilai partikulat yang dihasilkan lebih besar daripada di tahun 2022. Hal itu dimungkinkan karena seiring bertambahnya jumlah penduduk membuat aktivitas manusia semakin meningkat. Peningkatan jumlah transportasi kendaraan bermotor juga dapat menjadi faktor adanya kenaikan konsentrasi partikulat.

#### Analisis Baku Mutu Udara dan ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara)

Menurut Lampiran VII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021, baku mutu harian  $PM_{2,5}$  sebesar  $55 \mu g/m^3$ . Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien.

Pada Tabel 1 disajikan secara detail baku mutu udara ambien dari WHO, US-EPA, dan Lampiran VII Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021.

**Tabel 1.** Rata-rata baku mutu  $PM_{2,5}$

1) The WHO air quality guideline		
Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu ( $\mu g/m^3$ )
$PM_{2,5}$	24 Jam	25
	1 tahun	10
2) National Ambient Air Quality Standards-US EPA		
$PM_{2,5}$	24 Jam	35
	1 tahun	15
3) Baku Mutu Udara Ambien Nasional (Lampiran VII PP. No. 22 Tahun 2021)		
$PM_{2,5}$	24 Jam	55
	1 tahun	15

Sumber : (PERMENLH, 2010)

Berdasarkan hasil pengamatan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di Wilayah Kota Sorong, Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> rata-rata harian (pengukuran 24 jam) selama 2021 – 2023 jika dibandingkan dengan nilai baku mutu nasional (NAB) berada pada kategori baik, artinya nilai yang diperoleh menunjukkan sangat jauh dibawah nilai ambang batasnya, yakni 55 µg/m<sup>3</sup>. Sementara itu konsentrasi rata-rata tahunan PM<sub>2.5</sub> selama tahun 2022 yang terukur sebesar 4,42 µg/m<sup>3</sup>, juga menunjukkan nilai dibawah ambang batas baku mutunya, yaitu sebesar 15 µg/m<sup>3</sup> (pengukuran 1 tahun).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) didefinisikan sebagai angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu, yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Meskipun nilai ISPU lebih tepat digunakan untuk daerah urban, pada prinsipnya nilai ini dapat diterapkan ke semua tipe wilayah [17]. Hasil perhitungan nilai ISPU digunakan untuk melakukan kategorisasi kondisi kualitas udara di suatu tempat.

Pemerintah menentukan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), terdapat 5 kategori yaitu Baik, Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, dan Berbahaya seperti sebagai berikut.

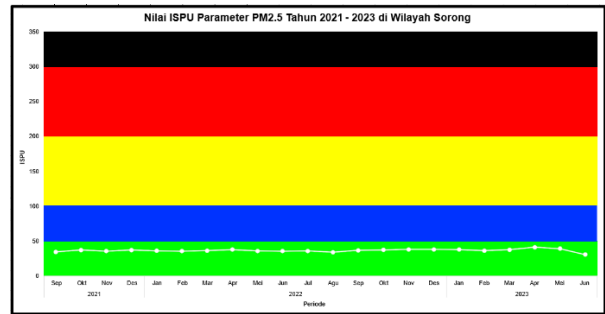
Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan risiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Gambar 4. Kategori Rentang Nilai ISPU (Sumber: Permen LHK No.14 Tahun 2020)

Konsentrasi yang digunakan dalam perhitungan ISPU adalah µg/m<sup>3</sup>. Data konsentrasi PM<sub>2.5</sub> yang digunakan dalam perhitungan adalah data rata-rata harian yang kemudian dikonversi menjadi nilai indeks ISPU terhitung, dengan rumus:

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \quad [19] (3)$$

dengan keterangan I: ISPU terhitung, Ia: ISPU batas atas, Ib: ISPU batas bawah, Xa: Ambien batas atas, Xb: Ambien batas bawah, dan Xx: Konsentrasi ambien hasil pengukuran.



Gambar 5. Nilai ISPU Parameter PM<sub>2.5</sub> di Wilayah Sorong selama September 2021 – Juni 2023 (Sumber: data diolah)

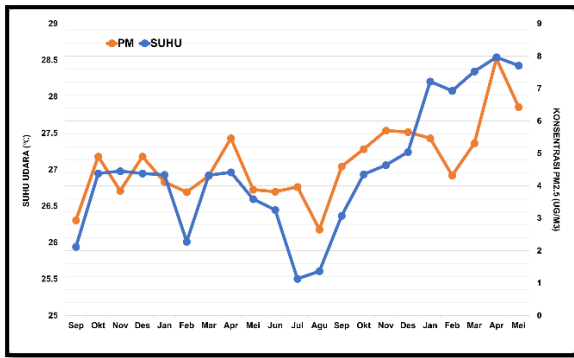
Berdasarkan gambar 6 diatas, hasil perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Harian Parameter PM<sub>2.5</sub> di Wilayah Sorong selama September 2021 – Juni 2023, dihasilkan nilai ISPU berada pada rentang 0 – 50. Pada rentang nilai tersebut berada pada kategori Baik, dengan tingkat mutu udara yang sangat baik dan tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan serta tumbuhan. Sehingga dapat diketahui bahwa Kondisi kualitas Udara di Wilayah Sorong menurut nilai ISPU-nya selama waktu tersebut berada pada kategori Baik.

### Analisis Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi PM<sub>2.5</sub>

Selain aktivitas antropogenik yang berperan sebagai sumber emisi, hasil pengamatan juga dipengaruhi faktor meteorologi yang berperan dalam dispersi polutan. Parameter meteorologi yang digunakan pada penelitian ini diantaranya curah hujan, tekanan udara, kelembaban relatif, dan suhu udara. Koefisien korelasi digunakan untuk melihat pengaruh faktor meteorologis terhadap konsentrasi partikulat.

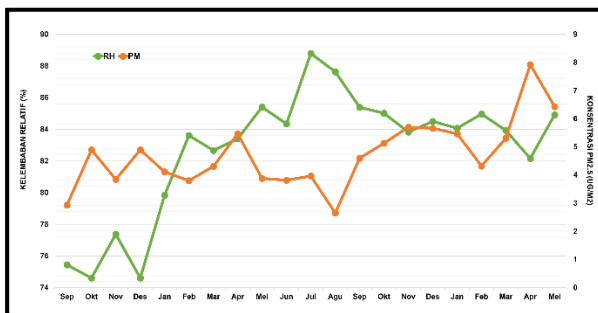
Tabel 2. Korelasi PM<sub>2.5</sub> dengan Parameter Meteorologi

Parameter	Korelasi
PM <sub>2.5</sub> x Suhu	0,8
PM <sub>2.5</sub> x RH	-0,4
PM <sub>2.5</sub> x Tekanan	0,3
PM <sub>2.5</sub> x Curah Hujan	-0,7



Gambar 6. Grafik Hubungan Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan Suhu Udara (Sumber: data diolah)

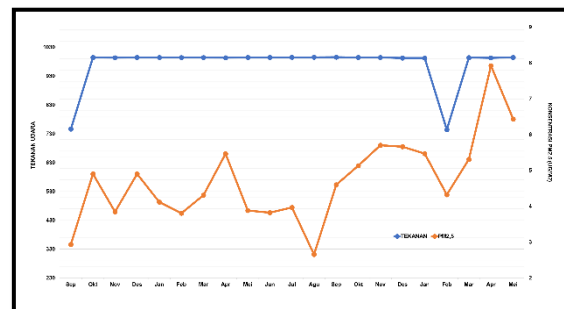
Hubungan Suhu udara rata-rata bulanan dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dilihat dari Gambar 6 diatas. Diketahui bahwa rata-rata suhu udara minimum sebesar 25,5°C terjadi pada bulan Juli 2022. Sedangkan rata-rata suhu udara maksimum terjadi pada bulan April 2023 sebesar 28,5°C. Berdasarkan hasil analisis korelasi dapat disimpulkan bahwa suhu udara mempunyai hubungan yang signifikan, sangat kuat dan searah. Hal ini berarti ketika suhu udara naik maka konsentrasi partikulat juga akan naik. Dari gambar 6 dapat kita ketahui bahwa rata-rata suhu udara maksimum terjadi, keadaan lingkungan akan panas dan kering, sehingga polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Duppa (2020) [19], yang menyatakan bahwa pada suhu yang tinggi partikel debu akan lebih ringan, sehingga akan lebih lama berada di udara dalam keadaan turbulen. Sementara pada suhu rendah partikel akan lebih berat dan lebih cepat mengendap sehingga partikel debu yang terhisap oleh alat lebih sedikit.



Gambar 7. Grafik Hubungan Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan Kelembaban Relatif (Sumber: data diolah)

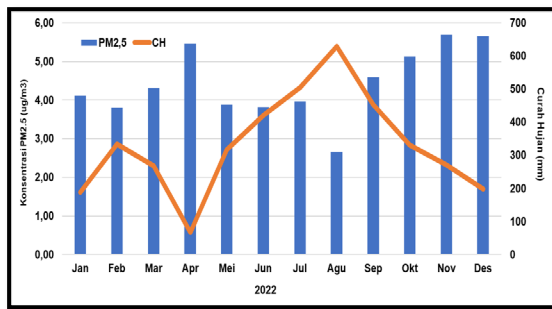
Hubungan kelembaban udara relatif dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> rata-rata bulanan dapat dilihat pada gambar 7 di atas. Rata-rata kelembaban udara relatif minimum di wilayah Kota Sorong adalah 74,6% terjadi pada bulan Oktober dan bulan Desember 2021. Sedangkan rata-rata kelembaban udara relatif maksimum sebesar

88,79% pada bulan Juli 2022 diikuti pada bulan Agustus 2022 sebesar 87,63%. Pada periode bulan Juli hingga Agustus 2022 merupakan periode puncak curah hujan tinggi di Wilayah Kota Sorong. Berdasarkan hasil analisis korelasi, diketahui bahwa antara kelembaban udara relatif dengan konsentrasi partikulat PM<sub>2,5</sub> memiliki hubungan cukup kuat dan berbanding terbalik. Hal ini berarti ketika kelembaban udara relatif turun maka konsentrasi partikulat akan naik. Hal ini disebabkan ketika kelembaban udara relatif rendah, maka keadaan udara akan kering sehingga sumber pencemar atau polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara bebas, sehingga lebih mudah terpapar dan akan meningkatkan nilai konsentrasi partikulat. Menurut Misriani (2015) [20], kondisi udara lembab membantu proses pengendapan bahan pencemar dikarenakan partikel debu lebih cepat mengendap pada kelembaban tinggi dibandingkan dengan kelembaban rendah. Selain itu, udara lembab menyebabkan partikel berikatan dengan air yang ada di udara dan membentuk partikel berukuran lebih besar sehingga mudah mengendap ke permukaan bumi oleh gaya tarik bumi [19].



Gambar 8. Grafik Hubungan Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan Tekanan Udara (Sumber: data diolah)

Hubungan tekanan udara dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> rata-rata bulanan dapat dilihat pada gambar 8. Rata-rata tekanan udara minimum di wilayah Kota Sorong adalah 744,36 mb, terjadi pada bulan Februari 2023 diikuti pada bulan September 2021 sebesar 746 mb. Berdasarkan hasil analisis korelasi, diketahui bahwa antara tekanan udara dengan konsentrasi PM<sub>2,5</sub> memiliki hubungan yang lemah. Artinya faktor meteorologis parameter tekanan udara tidak cukup memiliki pengaruh terhadap konsentrasi partikulat di Wilayah Kota Sorong.



**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dengan Curah Hujan Selama tahun 2022 (Sumber: data diolah)

Analisis korelasi parameter Curah Hujan terhadap konsentrasi partikulat selama tahun 2022 dilakukan (lihat gambar 9). Nilai korelasi yang dihasilkan adalah  $r = -0,7$  yang artinya pengaruh curah hujan terhadap besarnya nilai partikulat yang terukur memiliki hubungan yang kuat dengan arah berbanding terbalik. Semakin tinggi curah hujan yang terjadi, konsentrasi partikulat yang terukur semakin menurun. Hal tersebut terjadi karena air hujan mencuci atmosfer yang menyebabkan polutan di atmosfer berkurang karena dibawa oleh air hujan turun ke permukaan bumi [21].

Curah hujan tinggi yang turun ke bumi mengakibatkan tercucinya atmosfer dari senyawa polutan, sehingga konsentrasi partikulat berkurang. Komposisi partikulat di atmosfer terdiri dari beberapa unsur tergantung dari sumber asal dihasilkan. Polutan atau bahan pencemar udara di atmosfer seperti Belerang Dioksida (SO<sub>2</sub>) dan Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) yang dilepaskan dari atmosfer dan terdeposisi kembali melalui *Wet Deposition* dan *Dry Deposition*. *Wet Deposition* terjadi melalui proses turunnya hujan yang turun ke bumi, serta *Dry Deposition* yang terjadi melalui gas dan aerosol (partikulat) [6].

#### 4. Kesimpulan

Pengamatan PM<sub>2.5</sub> telah dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Puncak Vihara Klademak Sorong selama periode September 2021 hingga Juni 2023. Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata bulanan PM<sub>2.5</sub> mengalami fluktuasi dengan kecenderungan mengalami kenaikan selama waktu tersebut, dengan rentang nilai 2,66 – 7,92 µg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan baku mutu udara ambiennya, konsentrasi rata-rata harian PM<sub>2.5</sub> yang terukur selama September 2021 – Juni 2023 berada pada range 1,21 – 18,71 µg/m<sup>3</sup>; yaitu masih dibawah baku

mutunya sebesar 55 µg/m<sup>3</sup> (waktu pengukuran 24 jam). Kemudian berdasarkan perbandingan antara konsentrasi PM<sub>2.5</sub> rata-rata tahunannya dengan nilai baku mutu udara ambiennya sebesar 4,43 µg/m<sup>3</sup> (2022), yang mana masih dibawah nilai ambang batasnya, sebesar 15 µg/m<sup>3</sup> (waktu pengukuran 1 tahun).

Berdasarkan perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Parameter PM<sub>2.5</sub>, diketahui nilai ISPU berada pada rentang 0 – 50, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi kualitas udara di Wilayah Sorong selama periode September 2021 hingga Juni 2023 berada pada kategori Baik.

Pengaruh parameter meteorologi terhadap konsentrasi PM<sub>2.5</sub> selama September 2021 – Juni 2023, memiliki korelasi yang signifikan dan kuat untuk parameter curah hujan ( $r=-0,7$ ) dan suhu udara ( $r=0,80$ ), serta korelasi yang cukup kuat untuk parameter kelembaban relatif ( $r=0,4$ ) dan korelasi lemah untuk tekanan udara ( $r=0,3$ ).

#### Daftar Pustaka

- [1] Agista, P. I., Gusdini, N., & Maharani, M., D., D. (2020). Analisis Kualitas Udara Dengan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Sebaran Kadar Polutannya Di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal SEOI*, 2(2), 39-57
- [2] Sekretaris Kabinet Republik Indonesia. (1999). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan dan Perlindungan Lingkungan Hidup*. Retrieved from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- [3] Badan Pusat Statistik. (2023). *Kota Sorong dalam Angka*. Sorong
- [4] Mueller, D., Uibel, S., Braun M., Klinglhoefer, D. Takemura, M., & Groneberg, D. (2011). Tobacco Smoke Particles and Indoor Air. *J Occup Med Toxicol*. 6 (35), 1-5
- [5] Gusnita, D. (2003). Deposisi Asam dan Dampaknya Bagi Lingkungan. *Berita Dirgantara*, 3 (1), 21-30
- [6] Hastutiningrum, S., Sunarsih, S., Imelda. (2018). Analisis Hubungan Aktivitas Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi So<sub>2</sub> Dan No<sub>2</sub> Di Udara Ambien (Studi Kasus: Jl. Panembahan Senopati Yogyakarta). *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 11(1), 85-94
- [7] Wandayantolis. (2019). *Mengenal Polusi Partikel Particulate Matter Penyebab Menurunnya Kualitas Udara*. Retrieved from <https://www.climate4life.info/2019/08/mengenal-polusi-partikel-particle-matter-pm-penyebab-menurunnya-kualitas-udara.html>
- [8] Council, N. R. (2010). *Global Sources of Local Pollution: An Assessment of Long-range Transport of Key Air Pollutants to and from the United States*. National Academies Press
- [9] ISO. (1995). *International Organization for Standardization (ISO) 7708 Particle size definitions for health related sampling*. Geneva, Switzerland:ISO
- [10] Tiwary, A., & Jeremy, C. (2010). *Air pollution: measurement, modelling and mitigation, third edition*. London. England: Taylor & Francis Group.

- [11] Dong-Qun, X. & Wen-Li, Z. (2004). Monitoring of pollution of air fine particles (PM<sub>2.5</sub>) and study on their genetic toxicity. *Biomedical Environmental Sciences*, 17, 452-458.
- [12] Virgianto, R. H., & Akbar, D. (2019). Analisis Konsentrasi Pm<sub>2.5</sub> Selama Penyelenggaraan Asian Games Ke-18 Di Jakarta. *Statmat: Jurnal Statistika Dan Matematika*, 1(1), 10-24
- [13] MetOne Instrument, Inc. (2016). *BAM 1020 Particulate Monitor Operation Manual*. 1600 NW Washington Blvd: Met One Instrument, Inc
- [14] Meiryani. (2021). *Memahami Analisis Statistik Deskriptif Dalam Penelitian Ilmiah*. Retrieved from [https://accounting.binus.ac.id/2021/08/10/\\_trashed-2](https://accounting.binus.ac.id/2021/08/10/_trashed-2)
- [15] Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito
- [16] Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2010). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta
- [17] Kurniawan, A. (2017). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan PM<sub>10</sub>) di Bukit Kototabang Berbasis ISPU. *Jurnal Tekno Sains*, 7(1), 1-13.
- [18] Sekretaris Kabinet Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara*
- [19] Duppa, A., Daud, A., & Bahar, B. 2020. Kualitas udara ambien di sekitar industri Semen Bosowa Kabupaten Maros. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Maritim*, 3 (3), 86-92
- [20] Misriani. (2015). *Penilaian Konsentrasi Partikulat Matter (PM<sub>10</sub>) dan PM<sub>2,5</sub> Di Sekolah Dasar*. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- [21] Kwak, H. Y., Ko, J., Lee, S., & Joh, C. H. (2017). Identifying the correlation between rainfall, traffic flow performance and air pollution concentration in Seoul using a path analysis. *Transportation research procedia*, 25, 3552-3563.  
[doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.288](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.288)