

# Analisis Sebaran SO<sub>2</sub> pada Musim Wabah Covid-19 Menggunakan Satelit Aura di Wilayah Jabodetabek

Emir Aulia<sup>1</sup>, Yudi Chadirin<sup>1\*</sup> dan Andik Pribadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

\* Penulis korespondensi: yudi@apps.ipb.ac.id

**Abstrak:** Wilayah Jabodetabek merupakan kawasan dengan mobilitas penduduk tertinggi di Indonesia. Tingginya mobilitas tersebut mempengaruhi kualitas udara wilayah Jabodetabek. Salah satu sebab terjadinya perubahan kualitas udara adalah banyaknya penggunaan energi fosil untuk transportasi dan industri yang menghasilkan polutan pencemar udara seperti SO<sub>2</sub>. Sejak diumumkan pada 2 Maret 2020, jumlah kasus masyarakat terpapar Covid-19 terus meningkat. Hal tersebut mendorong pemerintah daerah di wilayah Jabodetabek untuk melakukan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) untuk menekan kenaikan jumlah kasus Covid-19. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan konsentrasi SO<sub>2</sub> sebelum dan pada saat pemberlakuan kebijakan PSBB berdasarkan data tangkapan Satelit Aura tahun 2019 dan tahun 2020. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penurunan konsentrasi SO<sub>2</sub> sejak Januari 2019 sebesar 36,918 µg/m<sup>3</sup> dan pada saat kebijakan PSBB diberlakukan konsentrasi SO<sub>2</sub> bergerak secara konstan. Hal ini dapat terjadi akibat kenaikan jumlah transportasi umum pada saat kebijakan PSBB belum diberlakukan. Berkurangnya aktivitas masyarakat pada saat kebijakan PSBB diberlakukan berdampak menurunkan penggunaan bahan bakar fosil yang menghasilkan polutan SO<sub>2</sub>.

**Kata kunci:** polusi udara; covid-19; satelit aura; konsentrasi SO<sub>2</sub>

## 1. Pendahuluan

Wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi merupakan tempat berkumpulnya berbagai aktivitas masyarakat Indonesia dari berbagai sektor seperti ekonomi, pendidikan, pariwisata, pemerintahan dan berbagai sektor lainnya. Banyaknya aktivitas tersebut disebabkan oleh berbagai faktor seperti tingginya pertumbuhan jumlah penduduk, banyaknya pusat perkantoran, bisnis, dan pemerintahan yang secara umum berada di wilayah provinsi DKI Jakarta. Berdasarkan laporan perkembangan perekonomian Provinsi DKI Jakarta pada bulan Februari 2020 yang dirilis oleh Bank Indonesia, pertumbuhan Ekonomi Provinsi DKI Jakarta diperkirakan berada di kisaran 5,7% - 6,1%. Hal tersebut mendorong masyarakat di wilayah lainnya seperti Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi yang merupakan wilayah terdekat dengan provinsi DKI Jakarta untuk mencoba peruntungan perekonomian di wilayah Jabodetabek khususnya Provinsi DKI Jakarta agar dapat meningkatkan kesejahteraan kehidupan.

Tingginya aktivitas masyarakat tersebut menjadi faktor utama yang mempengaruhi kualitas udara wilayah Jabodetabek. Berdasarkan data *Air Quality Indeks* (AQI) yang dirilis oleh lembaga riset kualitas udara IQAIR pada

Diterima: 29 Juli 2021  
Disetujui: 19 Juli 2022

### Sitasi:

Aulia, E.; Chadirin, Y.; Pribadi, A.  
Analisis Sebaran SO<sub>2</sub> pada Musim  
Wabah Covid-19 Menggunakan  
Satelit Aura di Wilayah Jabodetabek.  
*J. Teknik Sipil dan Lingkungan*.  
2022; 7 (2): 113-128.,  
<https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.113-128>

18 Mei 2021 dengan indikator PM<sub>2,5</sub> menunjukkan bahwa Provinsi DKI Jakarta mendapat nilai 65 dengan kualitas sedang, Bogor mendapat nilai 49 dengan kualitas baik, Depok mendapat nilai 53 dengan kualitas sedang, Tangerang mendapat nilai 51 dengan kualitas sedang, dan Bekasi mendapat nilai 22 dengan kualitas baik. Indeks kualitas udara didefinisikan sebagai gambaran atau nilai hasil transformasi parameter-parameter (indikator) individual polusi udara yang saling berhubungan, seperti konsentrasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SPM, O<sub>x</sub>, dan CO menjadi satu nilai atau satu set nilai sehingga mudah dimengerti bagi masyarakat awam (Budiyono 2010).

Gas SO<sub>2</sub> (sulfur dioksida) merupakan salah satu komponen polutan di atmosfer yang dihasilkan dari proses pembakaran minyak bumi dan batu bara serta proses lain yang mengandung sulfat (Wark dan Warner 1981). Industri dan kendaraan di Indonesia pada umumnya masih menggunakan batu bara dan minyak bumi sebagai bahan bakar utamanya sehingga menyumbang emisi SO<sub>2</sub> di udara ambien. Gas SO<sub>2</sub> sulit dideteksi karena merupakan gas tidak berwarna. Gas SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan gangguan pernafasan, pencemaran, sakit kepala, sakit dada, dan dapat menyerang saraf manusia. Pada kadar yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan kematian (Astuti dan Setiawan 2013).

Saat ini seluruh Indonesia khususnya wilayah Jabodetabek sedang menghadapi wabah Covid-19. *Coronavirus* merupakan virus RNA strain tunggal positif, berkapsul dan tidak bersegmen. Menurut WHO (2020) kota yang sudah memiliki kasus Covid-19 dan berpolusi tinggi harus memperkuat tingkat kesiapsiagaannya karena terdapat peluang mortalitas lebih tinggi. Tercatat kenaikan PM<sub>2,5</sub> di Amerika Serikat sebesar 1 µg/m<sup>3</sup> berkaitan dengan tingkat kematian pasien Covid-19 sebesar 15%. Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 21 tahun 2020 tentang Pembatasan Sosial Berskala Besar, seluruh pemerintah daerah Jabodetabek memberlakukan kebijakan pembatasan sosial berskala besar (PSBB) sejak 10 Maret 2020.

Pembatasan sosial berskala besar adalah pembatasan kegiatan tertentu penduduk dalam suatu wilayah yang diduga terinfeksi *Coronavirus disease 2019* (Covid-19) sedemikian rupa untuk mencegah kemungkinan penyebaran *Coronavirus disease 2019* (Kemenkes 2020). Salah satu dampak sejak diberlakukannya kebijakan PSBB terhadap kualitas udara di wilayah Jabodetabek adalah menurunnya tingkat pencemaran udara. Menurunnya aktivitas masyarakat di luar ruangan berpotensi menurunkan jumlah polutan di Wilayah Jabodetabek, hal tersebut dikarenakan terjadi penurunan aktivitas masyarakat yang banyak menghasilkan polutan pencemar udara seperti aktivitas transportasi dan industri. Penelitian ini akan meninjau SO<sub>2</sub> sebagai indikator kualitas udara di wilayah Jabodetabek karena beberapa faktor. Pertama, SO<sub>2</sub> adalah jenis gas yang amat berbahaya bagi kesehatan manusia. Gas SO<sub>2</sub> merupakan gas yang sulit dideteksi karena merupakan gas tidak berwarna dan tidak berbau. Gas SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan gangguan pernafasan, pencemaran, sakit kepala, sakit dada, dan dapat menyerang saraf manusia. Pada kadar yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan kematian (Astuti dan Setiawan 2013). Kedua, Gas SO<sub>2</sub> juga merupakan gas yang banyak ditemukan di wilayah perkotaan seperti wilayah Jabodetabek karena banyaknya aktivitas industri, transportasi, dan pembangunan yang membutuhkan bahan bakar fosil yang merupakan sumber dari gas SO<sub>2</sub> sebagai sumber energinya. Ketiga, SO<sub>2</sub> adalah salah satu produk data harian dari *Ozone Monitoring Instrument* yang merupakan instrumen pemantau zat kimia di udara yang terdapat pada satelit Aura yang dikembangkan oleh NASA.

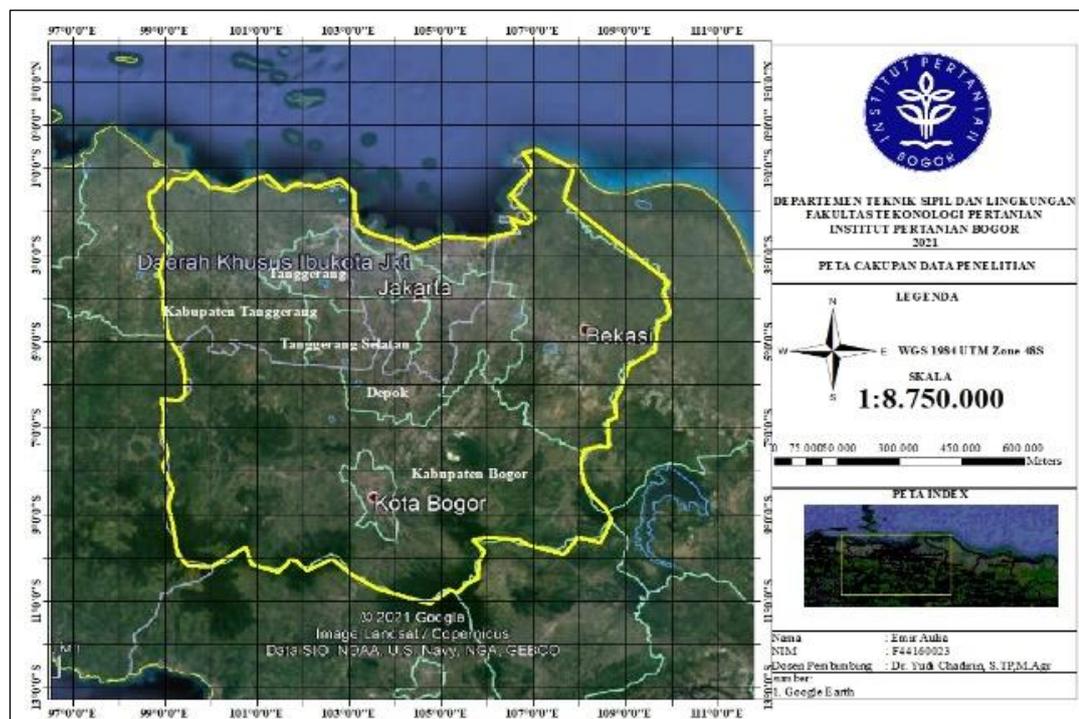
Seiring dengan perkembangan aktivitas masyarakat dan wabah covid-19 di wilayah Jabodetabek, dibutuhkan penelitian tentang analisis sebaran gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>). Penelitian ini penting dilakukan untuk mendapat informasi ilmiah mengenai tingkat kandungan gas SO<sub>2</sub> di atmosfer Wilayah Jabodetabek, dalam rangka memenuhi kebutuhan informasi sehingga dapat menjadi rujukan dalam mengambil berbagai keputusan mengenai manajemen pengelolaan kualitas udara dan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran konsentrasi gas pencemar SO<sub>2</sub> dengan menggunakan satelit Aura di Wilayah Jabodetabek pada masa PSBB, membandingkan gas pencemar SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek sebelum dan pada saat pemberlakuan PSBB, membandingkan konsentrasi gas pencemar

SO<sub>2</sub> di wilayah Jabodetabek hasil pemantauan OMI dengan hasil pemantauan langsung oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta Tahun 2019 dan 2020.

Persemaian Permanen Dramaga dapat memanfaatkan air Sungai Ciapus untuk keperluan irigasi. Persemaian tersebut berlokasi di Kampus IPB Dramaga Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat serta dilewati oleh aliran Sungai Ciapus. Sungai ini merupakan Sub Daerah Aliran Sungai (Sub-DAS) dari Sungai Cisadane. Air Sungai Ciapus berpotensi untuk digunakan dalam pemenuhan kebutuhan air irigasi pada Persemaian Permanen Dramaga. Berdasarkan aspek kualitas, air Sungai Ciapus untuk semua parameter fisika masih memenuhi kriteria baku mutu kualitas air baku menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 [4]. Lahan persemaian yang terletak pada elevasi lebih tinggi dari sumber air dapat menggunakan sistem pompa hidram sebagai alternatif pengambilan air sungai. Oleh karena itu, perlu dirancang sebuah fasilitas yang dapat menampung air Sungai Ciapus agar mampu memasok air sesuai kebutuhan secara kontinu. Penelitian ini bertujuan menghasilkan rancangan bak penampung air pada area Persemaian Permanen Dramaga.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Desember 2020. Pengambilan data diambil dari data observasi *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) yang merupakan Badan Penerbangan dan Antariksa Amerika Serikat pada Wilayah Jabodetabek yang selanjutnya hasil tersebut dianalisis di Laboratorium Komputer Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor (IPB). Peta Cakupan Wilayah Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Peta cakupan data penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder berupa konsentrasi SO<sub>2</sub> didapatkan dari hasil pengukuran citra satelit Aura dengan instrumen *Ozone Monitoring Instrument* (OMI) sejak bulan Januari hingga Desember 2020 dan data ISPU DKI Jakarta dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta tahun 2019 hingga 2020. Peralatan yang digunakan dalam menganalisis pola sebaran

SO<sub>2</sub> baik secara temporal maupun spasial di Wilayah Jabodetabek pada saat wabah Covid-19 adalah Laptop, *software ArcGIS* untuk visualisasi pola sebaran SO<sub>2</sub>, dan *software Microsoft Office 2010*.

Penelitian diawali dengan studi literatur untuk mendapat pengetahuan umum mengenai pencemaran udara, *software Giovanni*, persebaran Covid-19, sebaran gas SO<sub>2</sub>, kebijakan pemerintah tentang Covid-19, dan studi pustaka lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini sesuai dengan PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara. Kemudian, pengumpulan data berupa sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> hasil pengukuran citra satelit Aura menggunakan *Ozone Monitoring Instrument (OMI)*, peta sebaran Covid-19, kebijakan pemerintah mengenai Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB), dan data pemantauan langsung konsentrasi SO<sub>2</sub> di wilayah Provinsi DKI Jakarta dalam kurun waktu 2019 dan 2020.

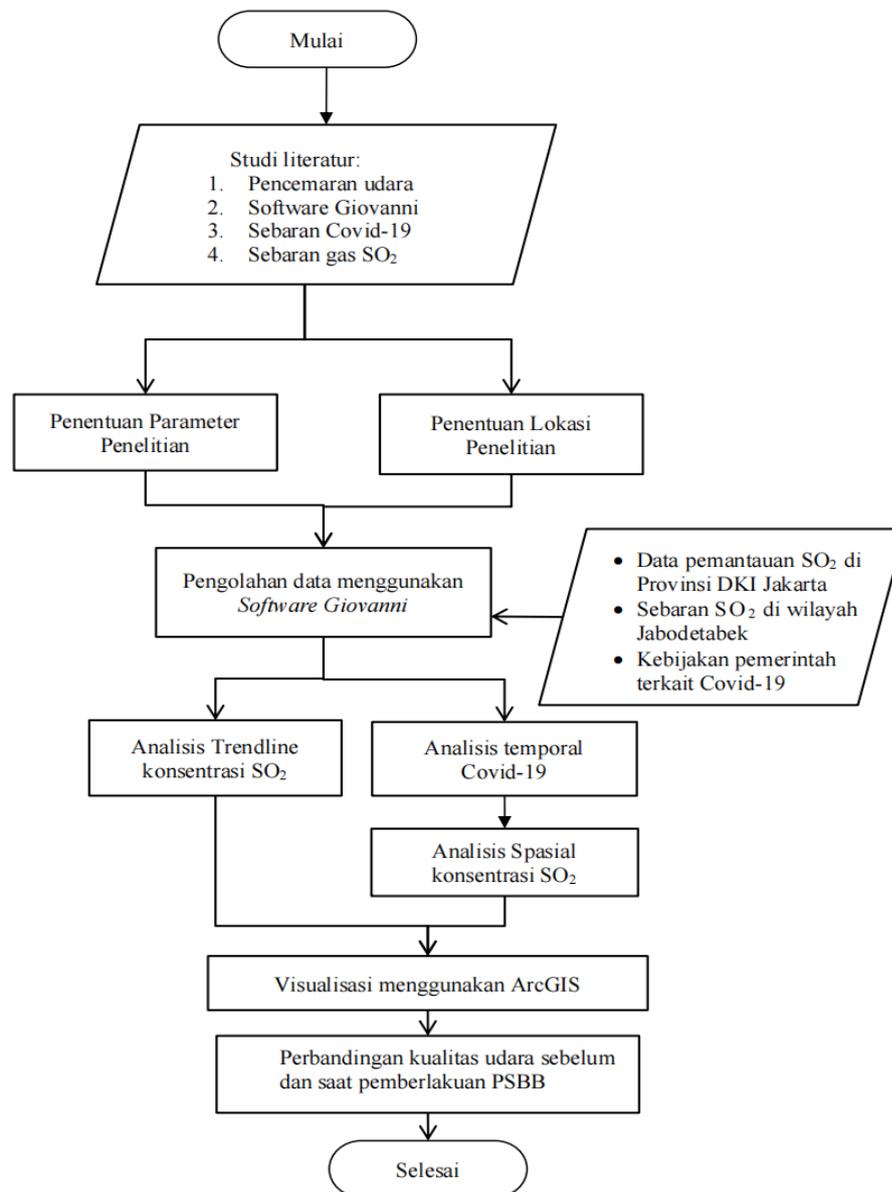
Hasil konversi satuan Dobson Unit menjadi  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  kemudian juga dikonversi dalam bentuk ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara) untuk mengetahui perbandingan hasil pemantauan menggunakan OMI dengan hasil pemantauan langsung menggunakan metode pararosanilin oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Berikut metode penentuan konversi satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  menjadi ISPU:

$$I = \frac{(Ia - Ib)}{(Xa - Xb)}(Xx - Xb) + Ib \quad (1)$$

Keterangan:

I	=	ISPU terhitung
Ia	=	ISPU batas atas
Ib	=	ISPU batas bawah
Xa	=	Konsentrasi ambien batas atas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Xb	=	Konsentrasi ambien batas bawah ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Xx	=	Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Selanjutnya, dilakukan pengolahan data dengan menganalisis data konsentrasi SO<sub>2</sub> hasil pengukuran OMI menggunakan *web based software Giovanni* dan *Microsoft Office*. Tahap selanjutnya analisis spasial dan temporal konsentrasi SO<sub>2</sub> dengan membandingkan nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> sebelum pemberlakuan kebijakan PSBB dan saat pemberlakuan kebijakan PSBB sehingga dapat ditentukan waktu dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi dan terendah. Lalu sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek akan terlihat dengan titik koordinat sehingga dapat ditentukan wilayah dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> tertinggi dan terendah. Setelah pengolahan data sebaran SO<sub>2</sub>, data tersebut kemudian di *overlay* kedalam peta administrasi Wilayah Jabodetabek dengan menggunakan aplikasi *ArcGIS*. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut:



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Gambaran Umum Kebijakan PSBB

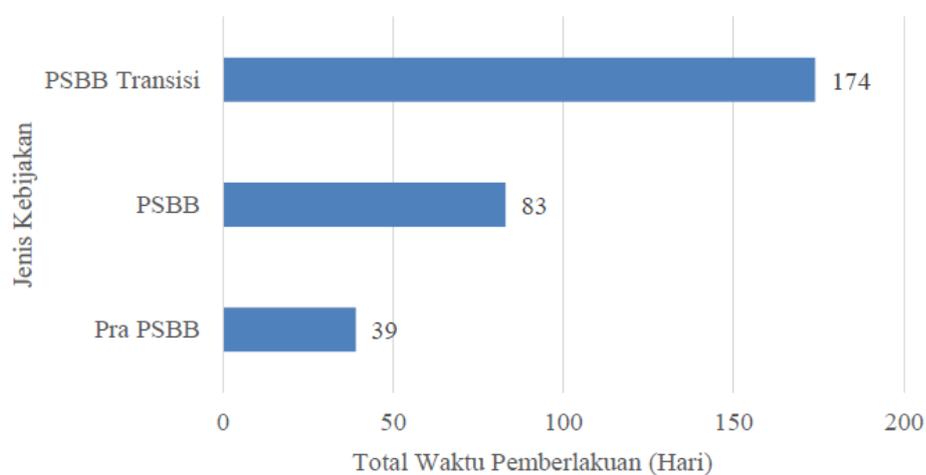
Terhitung sejak diumumkan oleh pemerintah Republik Indonesia dua warga negara Indonesia yang terinfeksi Covid-19 pertama di Indonesia pada 2 Maret 2020 di Kota Depok, hingga saat ini Pemerintah Indonesia masih memberlakukan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) untuk menekan angka penyebaran Covid-19 di seluruh wilayah Indonesia. Wilayah Jabodetabek yang menjadi pusat aktivitas perekonomian terus mengalami lonjakan kasus positif. Terhitung sejak tanggal 21 Juni 2021 jumlah kasus aktif di Wilayah Jabodetabek adalah 44.982 kasus, 11.167 kasus meninggal, 628.412 kasus sembuh, dan total positif adalah 684.829 kasus.

Kebijakan pemerintah DKI Jakarta sebagai wilayah yang menjadi pusat aktivitas masyarakat di Wilayah Jabodetabek memiliki pengaruh terhadap kebijakan pembatasan sosial di daerah lainnya di Wilayah Jabodetabek. Sejak ditetapkannya aturan Pembatasan Sosial Berskala Besar oleh pemerintah

Indonesia pada 31 Maret 2020, pemerintah daerah DKI Jakarta telah melaksanakan PSBB secara aktif mulai 10 April 2020. Pemerintah Daerah DKI Jakarta juga menerapkan PSBB secara berkala melihat naik dan turunnya kasus Covid-19 di Wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya. Berikut beberapa kebijakan PSBB DKI Jakarta.

**Tabel 1.** Kebijakan pembatasan sosial berskala besar (PSBB) DKI Jakarta.

Kebijakan	Waktu Pelaksanaan
(Pra PSBB)	2 Maret – 9 April 2020
(PSBB Tahap 1)	10 April – 23 April 2020
(PSBB Tahap 2)	24 April - 22 Mei 2020
(PSBB Tahap 3)	23 Mei – 4 Juni 2020
(PSBB Transisi Fase 1)	5 Juni – 10 September 2020
(PSBB Tahap 4)	14 September – 11 Oktober 2020
(PSBB Transisi Fase 2)	12 Oktober - 31 Desember 2020



**Gambar 3.** Jumlah hari pemberlakuan PSBB.

Berdasarkan rangkaian kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar yang dilaksanakan oleh pemerintah DKI Jakarta sejak bulan Maret hingga Desember 2020. Terlihat beberapa perubahan tingkat keketatan kebijakan PSBB. Pertama, Pra PSBB pada periode 2 Maret – 9 April 2020 yang berupa himbauan dan beberapa pembatasan aktivitas masyarakat. Kedua, PSBB total yang dilaksanakan dalam tiga tahap terhitung sejak 10 April – 23 April 2020 untuk PSBB tahap 1, 24 April – 22 Mei 2020 untuk PSBB tahap 2, 23 Mei – 4 Juni untuk PSBB tahap 3 yang secara umum dilakukan pembatasan ketat aktivitas masyarakat. Ketiga, PSBB transisi fase 1 pada periode 5 Juni – 10 September 2020 yang merupakan langkah uji coba pelonggaran aktivitas masyarakat secara bertahap. Keempat, PSBB total tahap 4 yang merupakan langkah darurat pencegahan Covid-19 dikarenakan kasus Covid-19 meningkat tajam di DKI Jakarta dan sekitarnya. Terakhir, PSBB transisi fase 2 yang merupakan upaya melonggarkan kembali aktivitas masyarakat. Masing-masing kebijakan memiliki total waktu pemberlakuan yang berbeda-beda, yakni Pra PSBB selama 39 hari, PSBB 83 hari, dan PSBB transisi dengan total waktu terlama 174 hari.

Menurut Ernesto *et al* (2020) tingkat mobilitas masyarakat DKI Jakarta untuk kegiatan berkendara dan berjalan saat fase PSBB tergolong sangat rendah, hal tersebut dikarenakan sejalan dengan beberapa poin kebijakan PSBB, diantaranya pembatasan jumlah penumpang didalam kendaraan, pengawasan terhadap pengemudi yang hendak keluar masuk DKI Jakarta di beberapa titik jalan dan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat untuk mengurangi mobilitas berpergian keluar rumah. Hal ini juga terkait dengan kebijakan Surat Izin Keluar Masuk (SIKM) Jakarta. Kebijakan ini memberikan kontribusi untuk meredam persebaran kasus Covid-19 di DKI Jakarta maupun penularan dari DKI Jakarta ke kota atau provinsi lain.

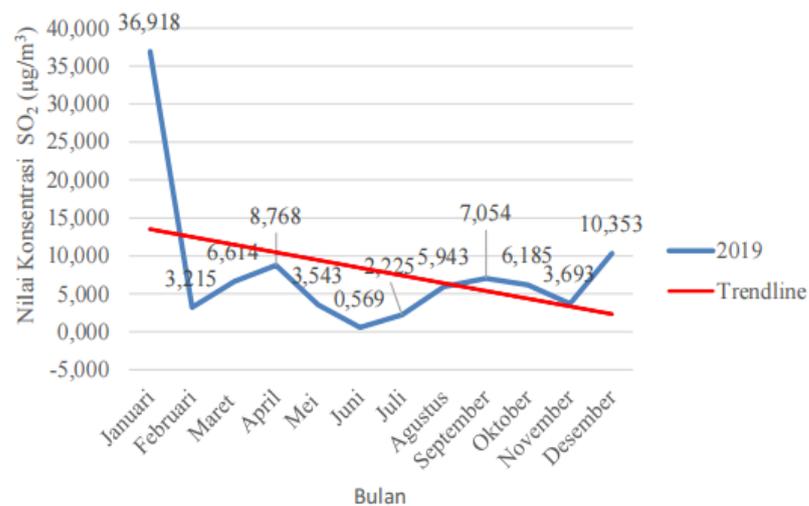
### 3.2. Kecenderungan Konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek

Nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> harian yang didapat dari hasil pemantauan OMI diolah hingga menjadi nilai rata-rata per bulan yang digunakan untuk melihat kecenderungan (*Trendline*) konsentrasi SO<sub>2</sub> sebelum dan saat pemberlakuan kebijakan PSBB. Berikut adalah *Trendline* yang terbentuk dari hasil pengolahan data sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> :

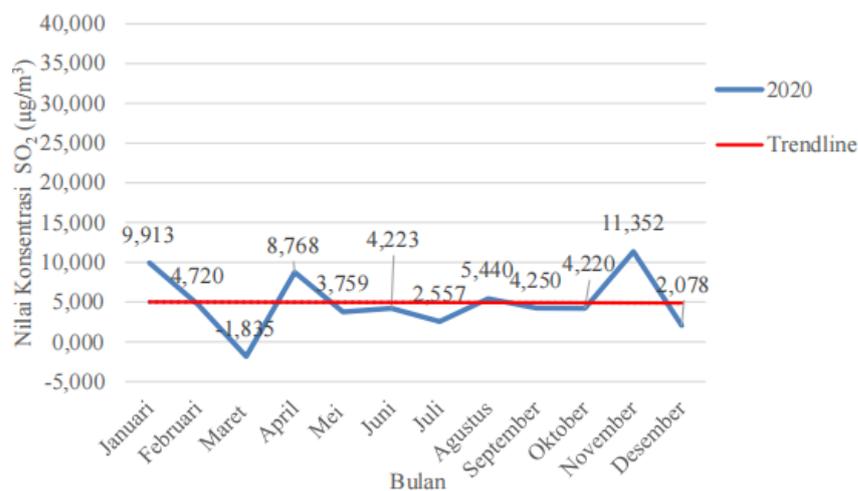
**Tabel 2.** Konsentrasi rata-rata SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).

Bulan	Konsentrasi Rata-rata SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
	Tahun	
	2019	2020
Januari	36,918	9,913
Februari	3,215	4,720
Maret	6,614	-1,835
April	8,768	8,768
Mei	3,543	3,759
Juni	0,569	4,223
Juli	2,225	2,557
Agustus	5,943	5,440
September	7,054	4,250
Oktober	6,185	4,220
November	3,693	11,352
Desember	10,353	2,078

Berdasarkan Gambar 4 terlihat konsentrasi hasil pemantauan OMI pada tahun 2019 dimana Covid-19 belum dinyatakan sebagai pandemi dunia pada 11 Maret 2020 oleh *World Health Organization* (WHO), terlihat grafik konsentrasi menurun dihitung mulai dari bulan Januari 2019 sebesar 36,918 µg/m<sup>3</sup> hingga Februari 2019 sebesar 3,215 µg/m<sup>3</sup> dan secara umum tren terus turun secara signifikan hingga bulan Desember 2019 sebesar 10,353 µg/m<sup>3</sup>. Nilai negatif yang dihasilkan pada konsentrasi SO<sub>2</sub> disebabkan tangkapan data yang kurang sempurna dari OMI. Sementara berdasarkan Gambar 5, pada tahun 2020 terlihat *trendline* konstan sejak awal Januari hingga Desember 2020. hal ini dapat terjadi akibat mulai terbatasnya aktivitas masyarakat.



**Gambar 4.** Trendline konsentrasi SO<sub>2</sub> tahun 2019.



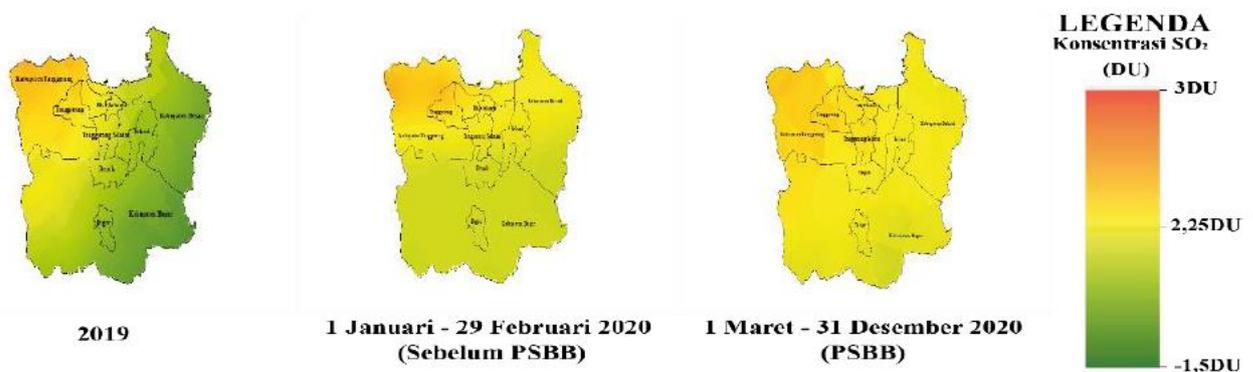
**Gambar 5.** Trendline konsentrasi SO<sub>2</sub> tahun 2020.

Tingginya nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> pada bulan Januari 2019 diakibatkan oleh jumlah aktivitas kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai energi penggerakannya. Berdasarkan data BPS tahun 2019 tentang jumlah kendaraan bermotor, tercatat jumlah kendaraan bermotor tahun 2019 di wilayah DKI Jakarta dan sekitarnya sebanyak 11.839.921 juta unit kendaraan, dengan rincian mobil penumpang 2.805.989 Juta unit, bus 295.370 unit, truk 503.972 unit, motor 8.194.590 juta unit. Kendaraan bermotor di Indonesia umumnya menggunakan bensin sebagai sumber energinya, secara umum bensin merupakan bahan bakar fosil yang mengandung sulfur yang apabila bereaksi dengan oksigen dan air akan menghasilkan asam sulfat yang berbahaya bagi kesehatan manusia.

Penurunan signifikan dari *trendline* tersebut pada bulan Januari hingga Februari 2019 dapat terjadi akibat penurunan jumlah kendaraan pribadi dan meningkatnya jumlah transportasi umum di DKI Jakarta. Berdasarkan data BPS tahun 2019 tercatat pada tahun 2019 jumlah kendaraan umum sebesar 12.238 kendaraan, jumlah tersebut jauh lebih besar dibandingkan tahun 2018 yaitu sebesar 9300 kendaraan. Sementara pada Gambar 5 menunjukkan *tren* mendatar terhadap konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek setelah penurunan signifikan pada tahun 2019. Faktor utama hal dapat terjadi akibat mulai terbatasnya aktivitas masyarakat sejak munculnya isu Covid-19 dan mulai diberlakukannya kebijakan PSBB sehingga mengurangi berbagai aktivitas yang dapat menghasilkan SO<sub>2</sub> di udara.

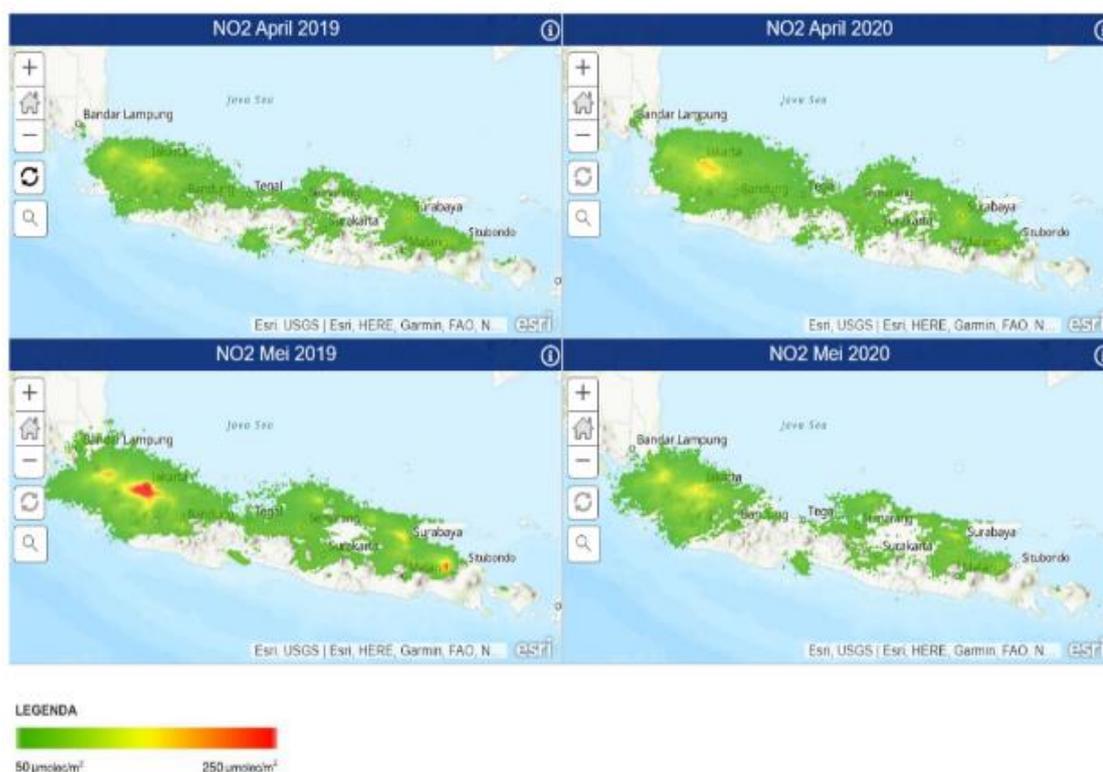
Perubahan pola sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek juga terlihat signifikan berdasarkan data hasil pemantauan OMI yang telah di akumulasikan dan di klasifikasikan sesuai periode pemantauan yakni tahun 2019, 1 Januari – 29 Februari 2020 (Sebelum PSBB), dan 1 Maret – 31 Desember 2020 (Saat Pemberlakuan PSBB). Peta perbandingan sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek pada tahun 2019 (1 Januari - 31 Desember 2019), sebelum PSBB (1 Januari – 29 Februari 2020), dan saat pemberlakuan PSBB (1 Maret – 31 Desember 2020) dibuat dengan indikator warna, yaitu hijau untuk konsentrasi rendah, kuning untuk konsentrasi menengah, dan merah untuk konsentrasi tinggi. Rentang warna yang digunakan berasal dari tingkat konsentrasi rata-rata dalam satuan Dobson Unit, dimana nilai terendah sebesar -1,5 DU yang apabila di konversi menjadi 48 µg/m<sup>3</sup> dan nilai tertinggi sebesar 3 DU yang apabila di konversi menjadi 96 µg/m<sup>3</sup>. Berikut peta perbandingan sebaran konsentrasi SO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek.

Berdasarkan Gambar 6 terlihat pada tahun 2019 konsentrasi SO<sub>2</sub> berfokus pada wilayah Kabupaten Tangerang dan Barat Laut Kabupaten Bogor, kemudian konsentrasi SO<sub>2</sub> menyebar ke seluruh wilayah Jabodetabek pada periode 1 Januari – 29 Februari 2020 dan 1 Maret – 31 Desember 2020. Nilai rata-rata konsentrasi pada tahun 2019 (1 Januari – 31 Desember 2019) sebesar 7,56 µg/m<sup>3</sup>, sementara pada sebelum PSBB (1 Januari -29 Februari 2020) nilai rata-rata konsentrasi sebesar 7,43 µg/m<sup>3</sup>, serta nilai rata-rata konsentrasi pada saat pemberlakuan PSBB (1 Maret – 31 Desember 2020) sebesar 5,85 µg/m<sup>3</sup>. Hal ini dapat terjadi akibat beberapa faktor yaitu aktivitas manusia dan meteorologi. Hal ini juga sesuai dengan hasil temuan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan menggunakan Satelit Sentinel-5 dan Instrumen *Copernicus Atmosphere Monitoring Service – European Space Agency* (CAMS - ESA) yaitu berupa penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> sebagai parameter lainnya dalam menentukan kualitas udara di seluruh pulau Jawa pada tahun 2020. Berikut peta sebaran konsentrasi NO<sub>2</sub> pada tahun 2019 dan 2020 di pulau Jawa.



**Gambar 6.** Perbandingan peta sebaran SO<sub>2</sub> sebelum dan saat pemberlakuan PSBB.

Berdasarkan Gambar 7 terlihat pada bulan April tahun 2019 konsentrasi NO<sub>2</sub> berpusat di Wilayah Jabodetabek dan sebagian Jawa Barat. Sementara pada bulan April tahun 2020 konsentrasi NO<sub>2</sub> berpusat hanya di Jabodetabek. Bulan Mei tahun 2019 menjadi waktu tertinggi konsentrasi NO<sub>2</sub> di Wilayah Jabodetabek dan pada bulan Mei tahun 2020 saat pemberlakuan kebijakan PSBB konsentrasi NO<sub>2</sub> menurun di Wilayah Jabodetabek.



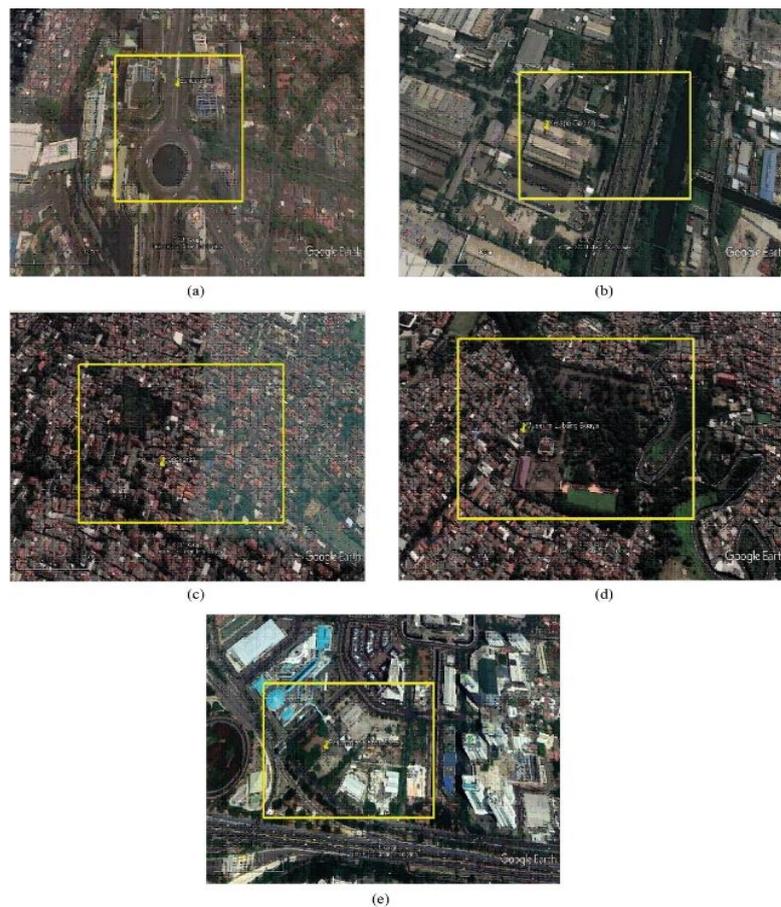
**Gambar 7.** Sebaran polutan NO<sub>2</sub> tahun 2019 dan 2020.  
Sumber: LAPAN (2020)

Apabila dibandingkan dengan baku mutu kualitas udara ambien nasional berdasarkan PP Nomor 41 Tahun 1999 sebagai rujukan standar pencemar udara SO<sub>2</sub> yakni sebesar 365 µg/m<sup>3</sup> dalam waktu pengukuran 24 Jam, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran konsentrasi udara SO<sub>2</sub> menggunakan OMI masih dibawah baku mutu kualitas udara.

### 3.3. Perbandingan Hasil OMI dengan Pemantauan Langsung

Nilai konversi konsentrasi SO<sub>2</sub> dalam satuan µg/m<sup>3</sup> juga di konversi dalam satuan ISPU sesuai dengan Permen LHK nomor P 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan nilai ISPU hasil pemantauan udara menggunakan OMI dengan nilai ISPU DKI Jakarta hasil pemantauan langsung oleh Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta di lima titik pemantauan, yakni DKI 1 Bundaran HI, DKI 2 Kelapa Gading, DKI 3 Jagakarsa, DKI 4 Museum Lubang Buaya, dan DKI 5 Perumahan Kebon Jeruk. Berikut titik lokasi Stasiun Pemantauan Kualitas Udara DKI Jakarta.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P 14 Tahun 2020, untuk mengetahui nilai ISPU dari suatu hasil pemantauan harus dilakukan konversi dengan menggunakan metode interpolasi antara konsentrasi udara ambien hasil pemantauan kualitas udara dengan standar konsentrasi polutan di udara yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P 14 Tahun 2020. Berikut perbandingan nilai ISPU hasil pemantauan OMI dan hasil pemantauan langsung.



**Gambar 8.** Titik lokasi pemantauan langsung (a) Bundaran HI (b) Kelapa Gading (c) Jagakarsa (d) Museum Lubang Buaya (e) Perumahan Kebon Jeruk.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat fluktuasi pada nilai ISPU yang dihasilkan menggunakan OMI pada tahun 2019. Nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2019 dengan menggunakan OMI yaitu pada bulan Januari 2019 dengan nilai ISPU sebesar 44. Nilai ISPU tertinggi pada bulan Januari 2019 yaitu sebesar 56 dan nilai ISPU terendah sebesar 30. Sementara nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI terdapat pada bulan Juni 2019 yaitu sebesar sebesar 30. Nilai ISPU tertinggi pada bulan Juni 2019 yaitu sebesar 33 dan terendah sebesar 27.

**Tabel 3.** Nilai ISPU hasil pemantauan OMI dan pemantauan langsung tahun 2019.

Bulan	Ozone Monitoring Instrument (OMI)			Pemantauan Langsung		
	Nilai Rata-rata (ISPU)	Tertinggi (ISPU)	Terendah (ISPU)	Nilai Rata-rata (ISPU)	Tertinggi (ISPU)	Terendah (ISPU)
Januari	44	56	30	23	47	15
Februari	31	33	30	27	44	19
Maret	32	38	23	24	51	19
April	33	40	30	22	25	21
Mei	31	37	27	21	26	13
Juni	30	33	27	25	29	22
Juli	31	33	27	27	31	25
Agustus	32	40	28	28	35	21
September	32	35	30	30	34	20
Oktober	32	35	28	33	51	19
November	31	35	26	34	38	21
Desember	34	38	30	36	38	23

Fluktuasi nilai ISPU juga terlihat pada hasil pemantauan langsung pada lima stasiun pemantauan kualitas udara DKI Jakarta. Terlihat nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi yaitu pada bulan Desember 2019 yaitu sebesar 36. Nilai ISPU tertinggi pada bulan Desember 2019 yaitu sebesar 38 dan nilai ISPU terendah sebesar 23. Sementara nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI terdapat pada bulan Mei 2019 dengan nilai ISPU sebesar 21.

Terdapat perbedaan nilai ISPU yang dihasilkan oleh OMI dengan hasil pemantauan langsung yang secara umum nilai ISPU yang dihasilkan oleh OMI lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil pemantauan langsung pada tahun 2019. Perbedaan ini dapat terjadi karena beberapa hal.

Pertama, perbedaan metode pengukuran yaitu dengan menggunakan citra satelit Aura yang membawa *Ozone Monitoring Instrument* (OMI) dan pemantauan langsung menggunakan metode parosanilin sesuai dengan SNI 19-7119.7-2005. OMI menghasilkan data berupa total konsentrasi SO<sub>2</sub> dalam satuan Dobson Unit (DU) yang dibagi dengan tinggi *Planetary Boundary Layer* (PBL) yang menghasilkan nilai konsentrasi SO<sub>2</sub> sepanjang kolom total udara sementara hasil pemantauan langsung menggunakan metode parosanilin yang didasarkan pada absorpsi SO<sub>2</sub> di dalam larutan penyerap *tertrakloromercurat* (TCM) sehingga membentuk senyawa kompleks *diklorosulfonatomercurat* yang tahan oksidasi udara yang diambil pada kondisi nyata aktifitas manusia.

Kedua, perbedaan luas tangkapan data. Tangkapan data pada OMI memiliki jangkauan yang lebih luas jika dibandingkan dengan pemantauan langsung, dimana data hasil tangkapan OMI memiliki daerah tangkapan seluas Wilayah Jabodetabek sementara hasil pemantauan langsung hanya berpusat pada lima titik di Wilayah DKI Jakarta.

Ketiga, terdapat beberapa data yang tidak terbaca atau rusak pada kedua metode pengukuran. Data yang tidak terbaca pada OMI dikarenakan sensitivitas OMI berkurang terhadap PBL, OMI seharusnya digunakan pada kondisi penglihatan optimal yakni fraksi awan < 0,2 dan sudut puncak matahari 50° sementara pada pemantauan langsung yang menggunakan metode *parosanilin* adalah data yang tidak *real time* serta masih digunakannya larutan tambahan yaitu *formaldehida* dan *parosanilin* kedalam penyerap dalam proses spektroskopi.

**Tabel 4.** Nilai ISPU hasil pemantauan OMI dan pemantauan langsung tahun 2019

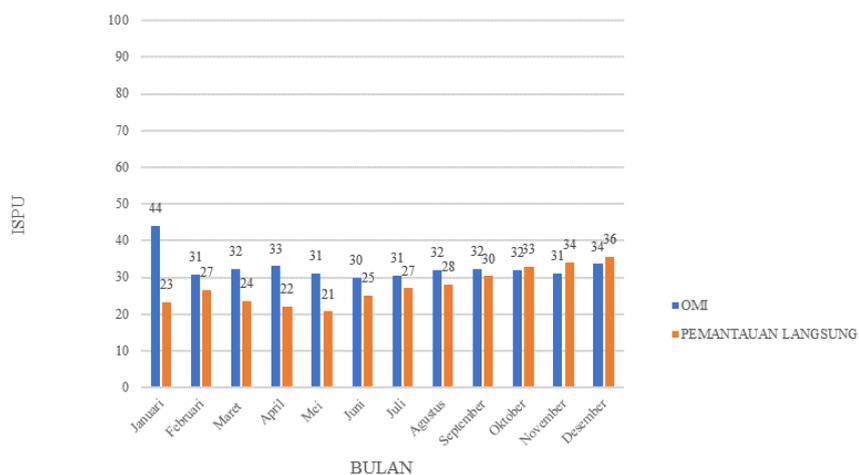
Bulan	<i>Ozone Monitoring Instrument</i> (OMI)			Pemantauan Langsung		
	Nilai Rata-rata (ISPU)	Tertinggi (ISPU)	Terendah (ISPU)	Nilai Rata-rata (ISPU)	Tertinggi (ISPU)	Terendah (ISPU)
Januari	34	37	30	35	60	29
Februari	32	35	30	26	35	15
Maret	29	32	23	18	27	9
April	33	40	30	27	31	20
Mei	31	35	28	25	42	21
Juni	31	34	28	24	31	21
Juli	31	33	26	25	39	20
Agustus	32	36	30	28	33	21
September	31	38	28	90	105	60
Oktober	31	36	23	81	105	59
November	34	36	32	83	112	39
Desember	30	38	25	55	106	40

Berdasarkan Tabel 4 terlihat fluktuasi pada nilai ISPU yang dihasilkan menggunakan OMI pada tahun 2020. Nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2020 dengan menggunakan OMI yaitu pada bulan Januari dan November 2020 dengan nilai ISPU sebesar 34. Nilai ISPU tertinggi pada bulan Januari 2020 yaitu sebesar 37 dan nilai ISPU terendah sebesar 30. Nilai ISPU tertinggi pada bulan November 2020 yaitu sebesar 36 dan nilai ISPU terendah sebesar 32. Sementara nilai rata-rata ISPU

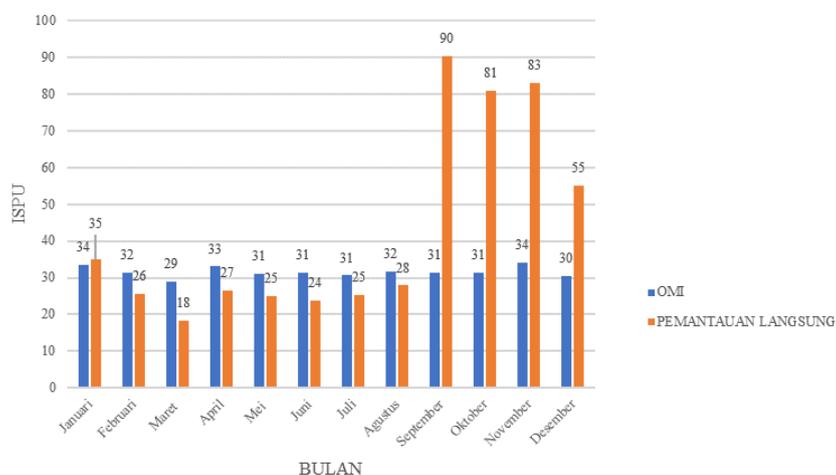
terendah menggunakan OMI pada tahun 2020 terdapat pada bulan Maret yaitu sebesar 29. Nilai ISPU tertinggi pada bulan Maret 2020 yaitu sebesar 32 dan terendah sebesar 23.

Fluktuasi nilai ISPU juga terlihat pada hasil pemantauan langsung pada lima stasiun pemantauan kualitas udara DKI Jakarta pada tahun 2020. Terlihat nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi yaitu pada bulan September 2020 yaitu sebesar 90. Nilai ISPU tertinggi pada bulan September 2020 yaitu sebesar 105 dan nilai ISPU terendah sebesar 59. Sementara nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI terdapat pada bulan Maret 2020 dengan nilai ISPU sebesar 18.

Terlihat pula perbedaan antara data ISPU pada tahun 2019 dengan 2020, dimana pada tahun 2019 secara umum data ISPU hasil tangkapan OMI lebih besar jika dibandingkan dengan pemantauan langsung. Sementara pada tahun 2020 terlihat beberapa data ISPU hasil pemantauan langsung lebih tinggi jika dibandingkan data hasil tangkapan OMI seperti pada bulan September, Oktober, November, dan Desember 2020 dimana kebijakan PSBB diberlakukan. Hal ini dapat terjadi akibat perbedaan metode tangkapan data dimana hasil pemantauan langsung yang menggunakan metode pararosanilin mengambil data konsentrasi SO<sub>2</sub> pada kondisi nyata aktifitas manusia. Sementara pada data konsentrasi SO<sub>2</sub> hasil pemantauan OMI diambil pada ketinggian 900 m dari permukaan tanah sehingga memungkinkan berkurangnya akurasi tangkapan data akibat cuaca.



**Gambar 8.** Diagram perbandingan nilai ISPU parameter SO<sub>2</sub> hasil pemantauan OMI dengan pemantauan langsung tahun 2019.



**Gambar 9.** Diagram perbandingan nilai ISPU parameter SO<sub>2</sub> hasil pemantauan OMI dengan pemantauan langsung tahun 2020.

Apabila dibandingkan dengan baku mutu dalam satuan ISPU dalam Permen LHK nomor P 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat diketahui bahwa nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2019 dengan menggunakan OMI yaitu pada bulan Januari 2019 dengan nilai ISPU sebesar 34 dan nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI yang terdapat pada bulan Juni 2019 dengan nilai ISPU sebesar 30 sehingga termasuk dalam kategori baik. Sementara nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2019 dengan pemantauan langsung yaitu sebesar 36 dan terendah sebesar 21 masih dalam kategori baik.

Sementara apabila dibandingkan dengan baku mutu dalam satuan ISPU dalam Permen LHK nomor 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat diketahui bahwa nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2020 dengan menggunakan OMI yaitu pada bulan Januari dan November 2020 dengan nilai ISPU sebesar 34 dan nilai rata-rata ISPU terendah menggunakan OMI yaitu terdapat pada bulan Maret 2019 yang mendapat nilai ISPU sebesar 29 sehingga termasuk dalam kategori *baik*. Sementara nilai rata-rata setiap bulan ISPU tertinggi pada tahun 2020 dengan pemantauan langsung yaitu sebesar 105 termasuk kategori tidak sehat dan nilai rata-rata setiap bulan ISPU terendah pada tahun 2020 sebesar 21 masih dalam kategori *baik*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi gas SO<sub>2</sub> di wilayah Jabodetabek pada bulan Januari 2019 sebesar 36,918 µg/m<sup>3</sup> dan pada bulan Desember 2020 tercatat konsentrasi gas SO<sub>2</sub> sebesar 2,078 µg/m<sup>3</sup>. Nilai tersebut masih dibawah baku mutu konsentrasi SO<sub>2</sub> sesuai dengan PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu sebesar 365 µg/m<sup>3</sup>.
2. Konsentrasi gas SO<sub>2</sub> di wilayah Jabodetabek secara umum memiliki tren terus menurun seiring dengan diberlakukannya pembatasan aktivitas masyarakat melalui peraturan PSBB yang berdampak menurunkan aktivitas kendaraan dan industri yang menggunakan bahan bakar fosil.
3. Secara umum nilai ISPU hasil pemantauan OMI lebih besar nilainya apabila dibandingkan dengan hasil pemantauan langsung menggunakan metode pararosanilin. Hal ini dapat terjadi akibat beberapa faktor, yaitu perbedaan metode pengukuran, perbedaan luas tangkapan data, dan terdapat data yang tidak terbaca.

#### Daftar Pustaka

- [1] Astuti Y, Setiawan B. Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Pendekatan Inkuiri Terbimbing dalam Pembelajaran Kooperatif pada Materi Kalor. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 2013; 2 (1): 88-92.
- [2] [BPS] Badan Pusat Statistik. Jumlah Perusahaan dan Tenaga Kerja Dari Industri Besar dan Sedang Menurut Golongan Industri. 2013. <https://tangerangkab.bps.go.id/statictable/2015/05/16/31/jumlah-perusahaan-dan-tenaga-kerja-dari-industri-besar-dan-sedang-menurut-kecamatan-2013.html>. (2021 Mei 18)
- [3] [BPS] Badan Pusat Statistik. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Kendaraan (Unit) Di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2017-2019. 2019. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/17/786/1/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis-kendaraan-unit-di-provinsi-dki-jakarta.html>. (2021 Mei 18)
- [4] [DLH] Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. Laporan Kualitas Udara Provinsi DKI Jakarta. Jakarta (ID). Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. 2020.
- [5] Ernesto, A. Finola, CF. Kanggrawan, Jl. Nissa, NK. Nugraha, Y. Suherman, AL. Evaluasi

- Berbasis Data: Kebijakan Pembatasan Mobilitas Publik Dalam Mitigasi Persebaran Covid-19 Di DKI Jakarta. *Jurnal Sistem Cerdas*. 2020; 3 (2): 84 - 94
- [6] [IQAIR]. Indeks Kualitas Udara. 2020. <https://www.iqair.com/id/indonesia>. (2021 Mei 18)
- [7] [KemenKes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) dalam rangka percepatan penanganan Covid-19. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 9 Tahun 2020a. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan. 2020.
- [8] [Kepmen LH] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup. 1997.
- [9] Laporan perkembangan perekonomian DKI Jakarta. Bank Indonesia. 2020.
- [10] Lelieveld, Jos., dan Dentener, FJ. What controls tropospheric ozone?. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2000; 105 (D3): 3531-3551
- [11] [NASA] National Aeronautics and Space Administration. Ozone Monitoring Instrument. 2007. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/aura](https://www.nasa.gov/mission_pages/aura). (2020 Juni 19)
- [12] [NASA] National Aeronautics and Space Administration. Ozone Monitoring Data User Guide. 2012. [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMSO2e\\_003/summary](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMSO2e_003/summary). (2020 Juni 19)
- [13] [Permen LHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. 2020.
- [14] Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Linimasa Kebijakan Pemprov DKI Jakarta Terkait Penanganan. Covid-19. 2020. <https://corona.jakarta.go.id/id/kebijakan>. (2021 Mei 18)
- [15] Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 2019 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- [16] Wark K dan Warner CF. *Air Pollution Its Origin and Control, Second Edition*. Harper & Row Publisher. New York (US): Addison-Wesley Press. 1981.

