

Variasi Emisi Gas Nitrogen Dioksida saat Pembatasan Sosial Berskala Besar di Provinsi Jawa Barat dari Pengolahan Data Satelit Sentinel-5P

Tania Septi Anggraini^a, Febzi Artaningh^a, Elstri Sihotang^a, Anjar Dimara Sakti^a, Agustan^b

^aTeknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No 10, Kota Bandung, Indonesia, 40132

^bPTPSW, BPPT, Jl. M.H. Thamrin No. 8 Jakarta, Indonesia, 10340

* Korespondensi Penulis, E-mail: taniasepti@students.itb.ac.id



Dikirim: 27 Juni 2020;

Diterima: 17 Agustus 2020;

Diterbitkan: 17 Agustus 2020.

Abstrak. Satelit Sentinel-5P yang diluncurkan oleh ESA (*European Space Agency*) pada tahun 2017 mempunyai misi untuk pengamatan atmosfer di bumi. Salah satu produk dari satelit Sentinel-5P adalah informasi sebaran *tropospheric column density* untuk beberapa gas termasuk gas Nitrogen dioksida (NO_2). Gas NO_2 identik sebagai hasil emisi dari aktivitas manusia seperti pabrik dan asap kendaraan. Pada tahun 2020 ini, pandemi COVID-19 terjadi di seluruh dunia termasuk Indonesia, sehingga untuk memutus mata rantai penyebarannya, pemerintah memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang salahsatunya diterapkan di Provinsi Jawa Barat. Data satelit Sentinel-5P diolah dan dianalisis dengan interpolasi kriging untuk melihat variasi perubahan emisi gas NO_2 pada beberapa kota di Jawa Barat yang dijadikan sampel. Terlihat bahwa emisi gas NO_2 rata-rata menurun selama pemberlakuan PSBB. Tetapi, seminggu sebelum hari raya Idul Fitri 1441 H, yaitu pada tanggal 18 Mei 2020 terlihat terjadi peningkatan emisi yang signifikan lebih tinggi sekitar 6 kali di 3 kota/kabupaten, yaitu Kota Bandung, Kabupaten Bandung dan Kabupaten Bogor. Kegiatan ini juga menunjukkan bahwa informasi harian yang diperoleh dari satelit Sentinel-5P dapat digunakan untuk operasional pemantauan gas di atmosfer.

Kata kunci: Aktivitas Manusia; Jawa Barat; Kualitas Udara; NO_2 ; PSBB; Sentinel-5P.

Variations of Nitrogen Dioxide Emissions during Large Scale Social Restrictions in West Java Province from Sentinel-5P Satellite Data Processing

Abstract. Sentinel-5P satellite that was launched in 2017 by ESA (*European Space Agency*) has a mission to monitor the earth's atmosphere. One product of Sentinel-5P mission is the distribution of troposphere column density for several gases, including nitrogen dioxide (NO_2). NO_2 emission is related to fossil fuel combustion from human activities such as factories and vehicle emissions. In 2020, COVID-19 is spreading all over the world, including Indonesia. To break the chain of its distribution, therefore, the Indonesian Government enacts large scale social restriction (PSBB) in several areas, including West Java Province. Sentinel-5P data is processed and analyzed with kriging interpolation to see the variations of changes in NO_2 emission in several sampled cities in West Java. It was found that the NO_2 emissions have decreased during PSBB. However, before the Idul Fitri event on May 18, 2020, shows that the NO_2 emission at Bandung Cities, Bandung District, and Bogor District increase significantly up to six-time higher. This activity also shows that daily information from Sentinel-5P satellite can be used for monitoring gases in the atmosphere.

Keywords: Air Quality; Human Activity; NO_2 ; PSBB; Sentinel-5P; West Java

II. METODOLOGI

I. PENDAHULUAN

Setiap tahun terjadi peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia. Padatnya kendaraan yang beroperasi menyebabkan kemacetan di sejumlah ruas jalan kota-kota besar di Indonesia. Setiap kendaraan akan menghasilkan emisi gas buangan atau asap kendaraan yang merupakan salah satu penyebab polusi udara. Emisi gas buangan adalah sisa pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan tidak heran apabila laju pertumbuhan kendaraan berkontribusi besar terhadap pencemaran udara. Kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60 persen [1].

Salah satu emisi gas buangan kendaraan adalah gas Nitrogen Dioksida (NO_2). NO_2 adalah polutan yang sangat reaktif dan disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil [2]. Kadar NO_2 di udara tidak hanya berbahaya untuk lingkungan tetapi juga berbahaya untuk kesehatan makhluk hidup. Kadar NO_2 di udara jika terlalu tinggi diatas Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 100 akan mengakibatkan dampak negatif, yaitu: terjadinya hujan asam, menyebabkan kesulitan bernafas bagi penderita asma, menyebabkan batuk untuk anak-anak dan orang tua, menurunnya visibilitas dan berbagai gangguan pernafasan, serta dapat menyebabkan kematian [2].

Pada tahun 2020, dunia dilanda pandemi virus COVID-19 (Virus Corona). Pada manusia, corona virus menyebabkan infeksi saluran pernapasan yang umumnya ringan, seperti pilek, meskipun beberapa bentuk penyakit seperti; SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), MERS (*Middle East Respiratory Syndrome*), dan COVID-19 sifatnya lebih mematikan [3]. Untuk memutus mata rantai penyebaran COVID-19, Pemerintah Indonesia memberlakukan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di beberapa daerah salah satunya Provinsi Jawa Barat. Aturan PSBB berdampak pada aktivitas masyarakat yang menjadi terbatas yang akan mempengaruhi kadar NO_2 .

Selain Pemerintah Indonesia, ada juga yang memberlakukan penutupan daerah secara total atau *lockdown* di beberapa negara di dunia. Seperti Cina, Spanyol, Italia dan Amerika Serikat. Melalui Sentinel-5P dapat memantau penurunan polusi udara sekitar 45-50% beberapa kota di dunia jika dibandingkan pada periode yang sama tahun lalu [4, 5]. Sedangkan melalui satelit Ozone Monitoring Instrument (OMI) dapat dilihat penurunan gas NO_2 sekitar 10-30% dari biasanya di dataran Cina [6]. Melalui penelitian ini, akan dilihat seberapa besar pengaruh PSBB di Jawa Barat terhadap emisi gas NO_2 melalui satelit Sentinel-5P. Sentinel-5P memiliki resolusi spasial 3,5x7,5 km. Resolusi ini lebih tinggi dibandingkan resolusi spasial OMI, yaitu 13x25 km.

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Provinsi Jawa Barat yang terletak pada 104°8'-108°41' BT dan 5°50'-7°50' LS, dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Lokasi sampel 5 kota/kabupaten dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Sampel 5 kota/kabupaten

2.2 Data

Penelitian ini memanfaatkan data citra satelit Sentinel-5P / TROPOMI (*TROPospheric Monitoring Instrument*) L2 dengan tipe produk L2 NO2. Satelit Sentinel-5P diluncurkan oleh ESA (*European Space Agency*) pada tahun 2017 dengan misi untuk pengamatan atmosfer di bumi. Sentinel-5P memiliki dua level yaitu L1B dan L2. Berdasarkan data dari [7], keunggulan L2 dibandingkan L1B adalah terletak pada kemampuan *geolocation* (pendeteksian lokasi) dan *irradiance* (terkait sinaran spektrum), yang artinya pembacaan data dapat mencakup objek dinamik dan statik. Produk yang dihasilkan sentinel-5P L2 adalah pada Tabel 1.

Citra Sentinel-5P terbagi menjadi dua produk, yakni OFFL (*offline*) dan NRTI (*Near Real Time*). Data NRTI hanya tersedia sekitar satu bulan terakhir dengan cakupan area lebih kecil jika dibandingkan data OFFL. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data OFFL dan NRTI pada tanggal 1 April - 31 Mei 2020 dengan total 44 citra dan *local time* pengambilan data sekitar pukul 6 UTC atau 13.00 WIB.

Tabel 1. Produk pada Sentinel-5p L2, dimodifikasi dari [7]

Product type	Parameter
L2_O3	Ozone (O ₃) total column
L2_O3_TCL	Ozone (O ₃) tropospheric column
L2_O3_PR	Ozone (O ₃) profile
L2_O3_TPR	Ozone (O ₃) tropospheric profile
L2_NO2_	Nitrogen Dioxide (NO ₂), total and tropospheric columns
L2_SO2_	Sulfur Dioxide (SO ₂) total column
L2_CO_	Carbon Monoxide (CO) total column
L2_CH4_	Methane (CH ₄) total column
L2_HCHO_	Formaldehyde (HCHO) total column
L2_CLOUD	Cloud fraction, albedo, top pressure
L2_AER_AI	UV Aerosol Index
L2_AER_LH	Aerosol Layer Height (mid-level pressure)
UV product ¹	Surface Irradiance/erythemal dose
L2_NP_BDx, x=3, 6, 7 ²	Suomi-NPP VIIRS Clouds

2.3 Metode

Secara teori terdapat tiga tahapan untuk memperoleh NO₂ melalui satelit, yaitu

- a) Pengambilan data *Slant Column Density* dari level *1B spectral radiance* dan *irradiance* dengan metode DOAS (*Differential Optical Absorption Spectroscopy*). DOAS adalah salah satu metode untuk menentukan konsentrasi suatu zat.
- b) Pemisahan *slant column density* pada lapisan stratosfer dan troposfer.
- c) Konversi *slant column density* pada lapisan troposfer menjadi *vertical column density*. Data perlu dikonversi karena *Slant column density* tidak mengandung konsentrasi total tepat di atas *foot point*, sedangkan pada *vertical column density* mengandung konsentrasi total tepat di atas *foot point*.

$$VCD = \frac{SCD}{AMF} \tag{1}$$

Keterangan :

VCD : *Vertical Column Density*

SCD : *Slant Column Density*

AMF : *Air Mass Factor*

Secara teknis, metode yang dilakukan adalah dengan mengunduh citra satelit terlebih dahulu lalu dibuka melalui SNAP, lalu lakukan *attach pixel geo-coding* untuk mengeluarkan koordinat geodetic pada citra. Selanjutnya, citra di *export* dalam format NetCDF4-CF. Setelah itu, buka *file* NetCDF4-CF dan lakukan *reprojection*. Data yang telah di *reprojection*, buka melalui ArcMap.

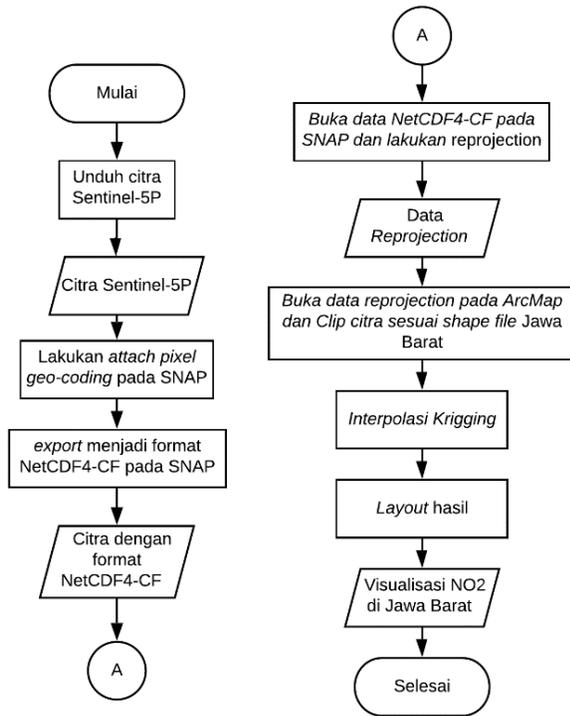
Pada ArcMap lakukan *clip* citra sesuai SHP Provinsi Jawa Barat dan lakukan interpolasi data agar visualisasi data lebih *smooth*. Interpolasi data yang digunakan adalah interpolasi kriging dengan model semivariogram *spherical*. Metode *kriging* dapat digolongkan kedalam estimasi stokastik dimana perhitungan secara statistik dilakukan untuk menghasilkan interpolasi [8]. Metode ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data [8]. Model semivariogram yang dapat digunakan adalah *spherical, circular, exponential, gaussian, dan linear*. Interpolasi kriging sangat sesuai jika digunakan untuk data yang tidak beraturan salah satunya untuk pengamatan gas NO₂ ini.

Pengambilan sampel dilakukan dengan mengambil satu sampel titik pada kota/kabupaten di Jawa Barat dan dilakukan pengamatan terhadap titik-titik tersebut setiap harinya untuk melihat apakah terjadi peningkatan atau penurunan gas NO₂. Pengambilan satu sampel titik ditujukan untuk pemantauan satu lokasi saja agar tetap memperlihatkan karakteristik data harian di lokasi titik tersebut. Sampel yang diambil hanya 5 kota/kabupaten berdasarkan data kepadatan penduduk tinggi, sedang hingga rendah. Proses tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3**

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

PSBB di beberapa kota di Jawa Barat, yaitu daerah Bogor, Depok, dan Bekasi sudah dimulai sejak 15 April 2020. Selanjutnya PSBB di Jawa Barat diperluas ke daerah Bandung Raya pada 22 April 2020 dan diperluas kembali menjadi satu provinsi pada 5 Mei 2020. Saat PSBB tersebut, terjadi variasi gas NO₂ di Jawa Barat yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia selama PSBB. Kadar NO₂ yang meningkat akan berbanding lurus dengan aktivitas manusia, terutama dalam berkendara.

Pada **Gambar 4** terjadi terlihat adanya variasi gas NO₂ di beberapa kota di Jawa Barat saat masa PSBB. Bervariasinya gas NO₂ ini mengidentifikasi masih tingginya aktivitas manusia saat PSBB berlangsung.



Gambar 3 Diagram alir tahapan untuk memperoleh NO₂ melalui satelit secara teknis

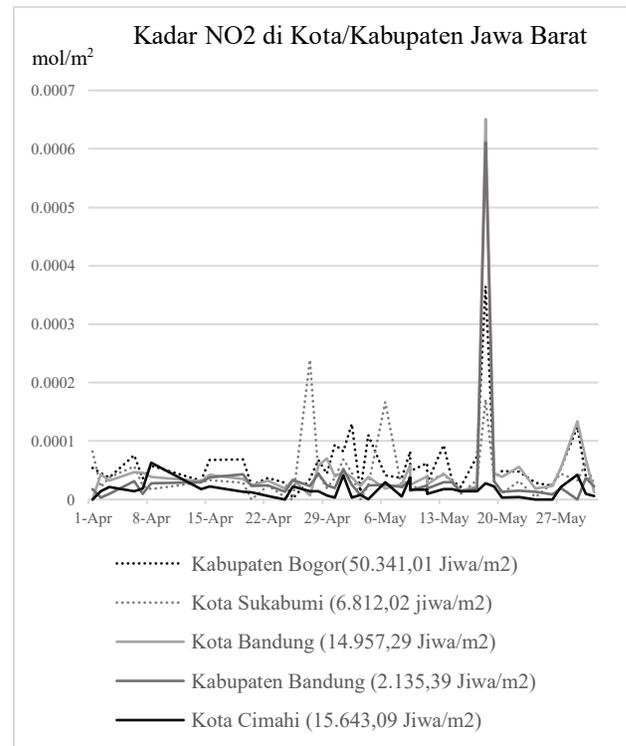
Peningkatan gas NO₂ yang cukup signifikan lebih tinggi sekitar 6 kali yang terjadi pada Senin, 18 Mei 2020 terutama di Bogor, Kota Bandung, dan Bandung. Gas NO₂ di Kota Bandung pada 18 Mei 2020 lebih tinggi 6% dibandingkan Kabupaten Bandung dan lebih tinggi 78% dari Kabupaten Bogor. Dari 5 sampel, peningkatan tertinggi gas NO₂ dari hari sebelumnya terjadi di Kabupaten Bandung dengan peningkatan 31 kali dari hari sebelumnya dan diikuti Kota Bandung dengan peningkatan 28 kali dari hari sebelumnya.

Pada tanggal tersebut adalah tiga hari sebelum libur kenaikan Isa Al-Masih dan tujuh hari sebelum hari raya Idul Fitri 1441 H. Hal ini dapat memicu pergerakan masyarakat untuk mudik dan mempersiapkan kebutuhan menyambut hari penting tersebut.

Untuk daerah Kota Cimahi, kadar NO₂ selama waktu pengamatan terlihat lebih stabil jika dibandingkan yang lainnya. Untuk daerah Kota Sukabumi, kadar NO₂

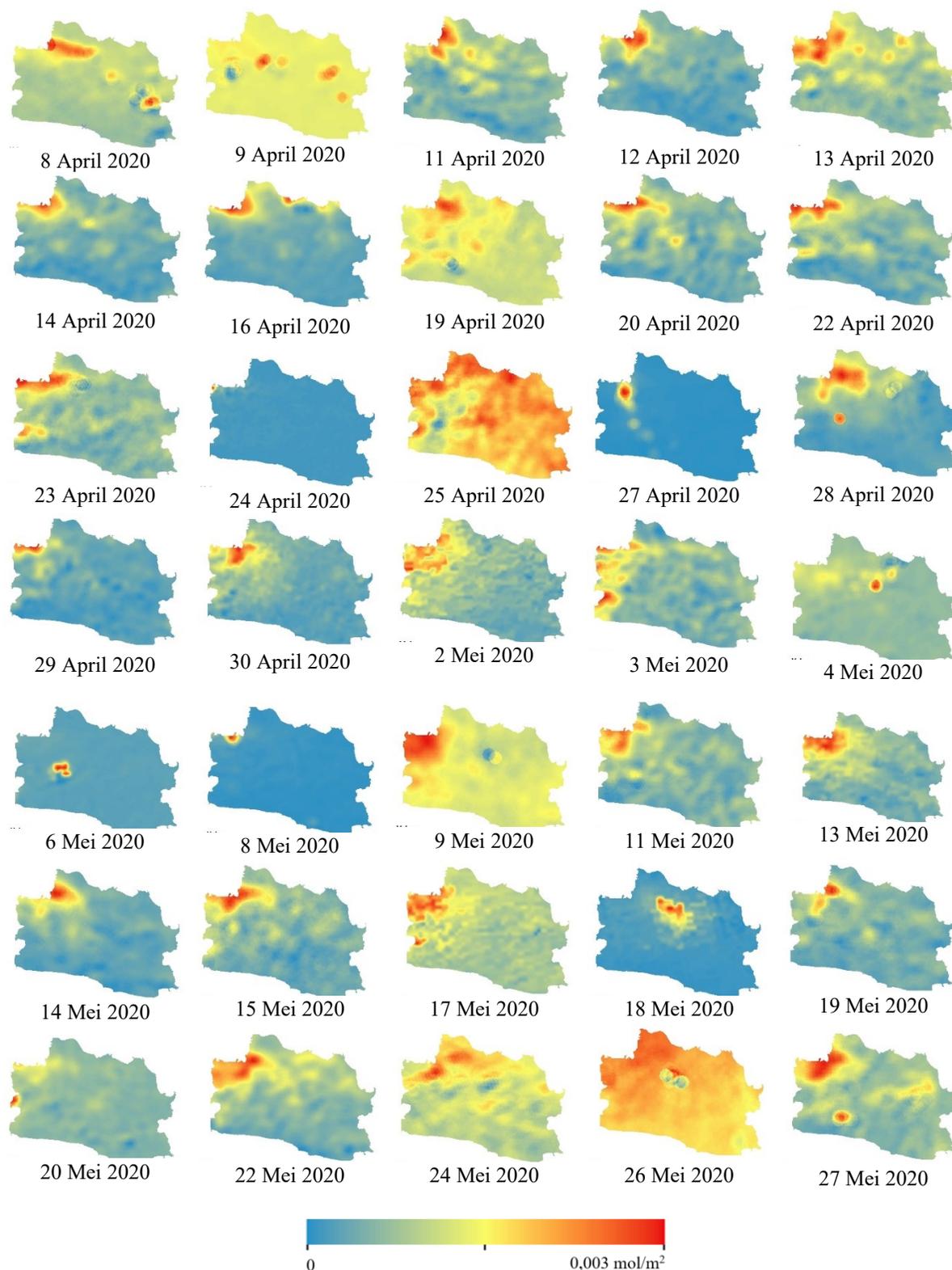
tertinggi selama waktu pengamatan terjadi pada 27 April 2020.

Dari grafik juga dijelaskan bahwa kepadatan penduduk tidak selama nya berbanding lurus dengan kadar gas NO₂ selama PSBB berlangsung. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor lain, yaitu terkait kesadaran masyarakat dalam mematuhi peraturan pemerintah pengawasan dari pihak berwajib.



Gambar 4 Grafik kadar NO₂ di beberapa kabupaten/kota Jawa Barat beserta data kepadatan penduduk [9]

Pada visualisasi kadar gas NO₂ di Jawa Barat yang terdapat pada **Gambar 5**, menunjukkan penurunan gas NO₂ di Jawa Barat pada Rabu, 6 Mei 2020 atau satu hari setelah pemberlakuan PSBB di Provinsi Jawa Barat. Namun, dapat dilihat terjadi peningkatan gas NO₂ kembali pada Sabtu, 9 Mei 2020. Dari data tersebut, pada awal PSBB terjadi sedikit pergerakan manusia, tetapi 3 hari setelah PSBB diterapkan, peningkatan pergerakan manusia pada hari libur atau akhir pekan.



Gambar 5 Visualisasi kadar NO₂ di Jawa Barat pada 8 April hingga 27 Mei 2020

Selain itu, dapat dilihat pada 24 Mei 2020, perayaan hari raya Idul Fitri 1441 H, terjadi peningkatan dari hari sebelumnya dan terus meningkat hingga hari ketiga perayaan, yaitu pada 26 Mei 2020. Pada tanggal 26 Mei 2020 tidak muncul kelonjakkian pada grafik karena pembuatan grafik dilakukan dengan menggunakan sampel satu titik lokasi saja berbeda dengan visualisasi gambar di atas yang menggunakan data secara keseluruhan dengan skala tertentu.

IV. KESIMPULAN

Satelit Sentinel-5P diluncurkan oleh ESA pada tahun 2017 dengan misi untuk memonitoring atmosfer di bumi. Sentinel-5P level 2 dapat menghasilkan 12 produk yang salah satunya NO₂. Dari data tersebut, dapat dilihat bervariasinya gas NO₂ selama PSBB di Jawa Barat berlangsung, terlihat adanya variasi gas NO₂ di beberapa kota di Jawa Barat saat masa PSBB. Bervariasinya gas NO₂ ini mengidentifikasi masih tingginya aktivitas manusia saat PSBB berlangsung. Diperoleh hasil emisi has NO₂ terlihat pada Kota Bogor, Kota Bandung dan Kabupaten Bandung pada 18 Mei 2020 atau sekitar seminggu sebelum hari raya idul fitri 1441 H. Gas NO₂ di Kota Bandung pada 18 Mei 2020 lebih tinggi 6% dibandingkan Kabupaten Bandung dan lebih tinggi 78% dari Kabupaten Bogor.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat karunia Nya penulis bisa menyelesaikan jurnal ini. Selain itu, Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada ITB dan BPPT yang telah memfasilitasi kegiatan ini. Seluruh penulis dari artikel ini berkontribusi setara dan masing-masing sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Gusnita, "Polusi Udara Kendaraan Bermotor sebagai Bentuk Kejahatan Tanpa Korban," *SISI LAIN REALITA*, vol. 1, no. 2, pp. 47-58, 2016.
- [2] S. Muhammad, X. Long and M. Salman, "COVID-19 pandemic and environmental pollution A blessing in disguise?," *Science of The Total Environment*, vol. 138820, 2020.
- [3] R. Darmawan, " Environmental Health Risk Assessment of NO₂ Ambient Level and Toll Collectors Officer 'S Health Complaints," *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*, vol. 10, no. 1, pp. 116-126.
- [4] N. R. Yunus, "Kebijakan Pemberlakuan Lockdown Sebagai Antisipasi Penyebaran Corona Virus Covid-19," *Salam: Jurnal Sosial dan Budaya Syar-i*, vol. 7, no. 3, 2020.
- [5] ESA, "Air pollution remains low as Europeans stay at home," ESA, 16 4 2020. [Online]. Available: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Air_pollution_remains_low_as_Europeans_stay_at_home. [Accessed 12 6 2020].
- [6] NASA, "Airborne Nitrogen Dioxide Plummets Over China," NASA, 2020. [Online]. Available: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>. [Accessed 12 6 2020].
- [7] KNMI and SRON, Sentinel 5 precursor/TROPOMI KNMI and SRON level 2 Input Output Data Definition, 2019.
- [8] G. H. Pranomo, "Akurasi metode IDW dan Kriging untuk interpolasi sebaran sedimen tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan.," 2008.
- [9] BPS, 2019. [Online]. Available: <https://jabar.bps.go.id/>. [Accessed 21 06 2020].