

## **Pengaruh pola pemanfaatan ruang terbuka hijau terhadap dinamika perubahan kualitas udara akibat Pandemi Covid-19 di Wilayah Jabodetabek**

***The effect of utilization patterns of green open space on the dynamics change of air quality due to the Covid-19 pandemic in Jabodetabek region***

Siti Badriyah Rushayati<sup>a</sup>, Rachmat Hermawan<sup>a</sup>, Yudi Setiawan<sup>ab</sup>, Arif Kurnia Wijayanto<sup>ab</sup>, Lilik Budi Prasetyo<sup>a</sup>, Prita Ayu Permatasari<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia [+62 251-8621262]

<sup>b</sup> Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

---

### **Article Info:**

Received: 16 - 09 - 2020

Accepted: 17 - 11 - 2020

### **Keywords:**

Air quality, Covid-19, green open space

### **Corresponding Author:**

Yudi Setiawan

Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor; Tel. +62-251-8621262, 8621085 Email: setiawan.yudi@apps.ipb.ac.id

**Abstrak:** *The Covid-19 pandemic has had a global impact on all sectors including the environment. The spread of covid-19 is very much influenced by human activity and mobility. Human activities are also closely related to air pollutant emissions. High concentrations of air pollutants during the Covid-19 pandemic will increase the risk of being exposed to Covid-19. Jakarta and its surrounding area (known locally as Jabodetabek) have high population density. These cities are economic and industrial centers. Air pollutant emissions in these cities are very high. High concentrations of air pollutants during the Covid-19 pandemic will increase the risk of being exposed to Covid. To anticipate this problem, the government made a Large-Scale Social Restriction Policy (PSBB). Limited human activities, in addition to having an impact on reducing the risk of humans being exposed to Covid-19 from the droplets released by tested-positive of Covid-19, also have an impact on reducing emissions of air pollutants so that they can reduce the risk of being exposed to Covid-19. Several variables that influence vulnerability and risk to exposure to Covid-19 are the distribution of settlements, roads, economic centers (markets, business centers, industrial centers), and human mobility. In this study, we will also analyze the role of green open space on the risk of exposure to Covid-19. Green open space plays an important role in reducing air pollutants so that it will also affect the risk of being exposed to Covid-19. This study aimed to 1) examine the distribution of air pollutants based on the vulnerability and risk of COVID-19 in Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, and Bekasi (Jabodetabek), and 2) examine the results of the overlay between land cover and vulnerability and risk to Covid-19.*

### **How to cite (CSE Style 8<sup>th</sup> Edition):**

Rushayati SB, Hermawan R, Setiawan Y, Wijayanto AK, Prasetyo LB, Permatasari PA. 2020. Pengaruh pola pemanfaatan ruang terbuka hijau terhadap dinamika perubahan kualitas udara akibat Pandemi Covid-19 di Wilayah Jabodetabek. Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan **10**(4): 559-567. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.4.559-567>.

---

## PENDAHULUAN

Kota Jakarta merupakan ibukota negara yang berfungsi sebagai pusat pemerintahan dan aktivitas bisnis. Hal ini akan memberikan konsekuensi pada tingginya pertumbuhan ekonomi. Kota Jakarta menjadi daya tarik bagi penduduk yang berada di sekitarnya untuk mencari kehidupan sehingga menyebabkan tingginya tingkat urbanisasi (Soeriatmadja, 1997). Urbanisasi memberikan dampak pada tingginya permintaan lahan untuk permukiman dan perkantoran, meningkatnya pencemaran udara, air dan tanah, dan meningkatnya permasalahan sosial (Marbun, 1990; Inoguchi *et al.*, 2015).

Dampak kegiatan tidak hanya dirasakan oleh penduduk yang tinggal di Jakarta, tetapi meluas sampai pada wilayah-wilayah yang merupakan kota satelit bagi Jakarta yaitu Bogor (BPS Kab Bogor 2018; BPS Kota Bogor, 2018), Depok, Tangerang, Tangerang Selatan dan Bekasi. Salah satu dampak negatif yang terjadi adalah meningkatnya pencemaran udara di Jakarta. Tahun 2016, Jakarta mempunyai Indeks Standar Mutu udara termasuk kategori tercemar (DLH DKI Jakarta, 2016). Selanjutnya pada tahun 2019, Jakarta mempunyai konsentrasi polutan udara PM<sub>2.5</sub> termasuk kategori tidak sehat (IQAir, 2020). Peningkatan konsentrasi pencemaran udara juga diikuti oleh kota-kota satelit Jakarta, yang terjadi pada wilayah-wilayah tertentu yang memiliki konsentrasi lalu-lintas yang tinggi dan rawan terjadinya kemacetan (Aida, 2020).

Polutan udara seperti PM<sub>2.5</sub> NOx, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, senyawa organik mudah menguap dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan orang yang terpapar. Beberapa penyakit yang dapat disebabkan oleh polutan tersebut antara lain infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), bronkhitis, penyakit jantung, kanker paru-paru (Kampa dan Castanas, 2007; Manisalidis, 2020).

Pandemi *Corona Virus Diseases 19* (Covid-19) terjadi hampir di seluruh belahan bumi, tidak terkecuali Indonesia. Jakarta merupakan salah satu episentrum penyebaran covid-19 yang kemudian juga diikuti oleh Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi. Covid-19 mempunyai potensi menyebabkan kematian apabila orang yang terpapar memiliki riwayat penyakit bawaan dengan kekebalan tubuh yang tidak baik. Penduduk yang tinggal di wilayah dengan kualitas udara buruk mempunyai potensi gangguan kesehatan yang dapat menyebabkan kematian apabila terpapar oleh covid-19. Disamping ada dugaan bahwa polutan udara partikel dapat sebagai agen pembawa covid-19 (Wu *et al.*, 2020).

Ruang Terbuka Hijau Kota (RTHK) yang didominasi oleh pohon mampu meningkatkan kualitas udara melalui mengendalikan pencemaran udara, baik secara langsung maupun tidak langsung (Grey dan Deneke, 1986; Yang *et al.*, 2005; Nowak *et al.*, 2018). Hutan kota di Beijing yang berisi 2.4 juta pohon dapat mereduksi polutan udara pada tahun 2002 sebesar 1 261.4 ton (Yang *et al.*, 2005). Hutan kota pada 86 kota di Canada dapat mengurangi polutan udara sebesar 16 500 ton pada tahun 2010 dan menghemat biaya pengobatan sebesar 227.2 juta dolar Canada (Nowak *et al.*, 2018).

Sebagai upaya untuk mencegah berkembangnya covid-19, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta memberlakukan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Kebijakan PSBB juga diikuti oleh Pemerintah Kota Bogor, Depok, Tangerang, Tangerang Selatan, dan Bekasi. Dengan adanya PSBB pergerakan orang akan terbatas yang berimplikasi pada berkurangnya aktivitas transportasi kendaraan bermotor sehingga mengurangi emisi gas buangan.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilaksanakan penelitian dengan tujuan: 1) mengkaji sebaran polutan udara berdasarkan kerentanan dan risiko Covid-19 di Wilayah Jakarta Bogor, Depok, Tangerang, Tangerang Selatan dan Bekasi (Jabodetabek); 2) mengkaji hasil *overlay* antara tutupan lahan dengan kerentanan dan risiko terhadap Covid-19; 3) mengkaji kaitan antara mobilitas manusia dengan risiko terpapar Covid-19.

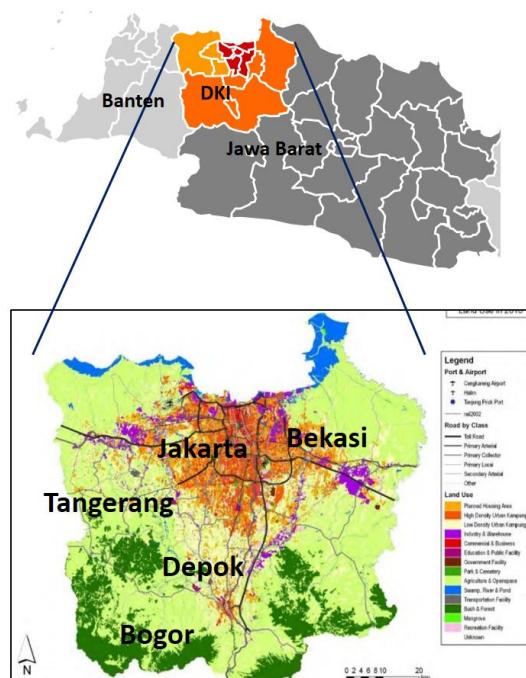
Penelitian ini dapat memberikan data dan informasi: 1) distribusi dan konsentrasi polutan udara selama masa PSBB di Jabodetabek; 2) hubungan RTHK, konsentrasi polutan udara, penyakit akibat polutan udara, dengan gangguan kesehatan dan kematian akibat terpapar Covid-19; 3) tingkat pemanfaatan RTHK selama PSBB. Data dan informasi yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai dasar manajemen RTHK yang

efektif dalam pengendalian polutan udara mulai dari penataan, pengelolaan, dan penggunaannya dengan mengikuti protokol kesehatan untuk mencegah Covid-19.

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Provinsi DKI Jakarta adalah episentrum penyebaran virus Covid-19 di Indonesia. Kota penyangga Jakarta yang terdiri dari Bogor, Tangerang, Depok, dan Bekasi memiliki risiko yang tinggi untuk terpapar virus Covid-19. Tingginya risiko ini menjadikan pemerintah daerah di wilayah Jabodetabek memberlakukan kebijakan pembatasan aktivitas untuk menurunkan risiko penyebaran. Pembatasan aktivitas ini berdampak pada dinamika konsentrasi gas polutan dan indeks kenyamanan. Dengan dasar itulah maka wilayah ibukota Jakarta dan kota-kota penyangganya yaitu Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi, dipilih menjadi lokasi penelitian (Gambar 1).



Gambar 1 Lokasi penelitian

### Alat dan Bahan

Peralatan utama yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Google Earth Engine*. *Google Earth Engine* (GEE) adalah platform komputasi data spasial berbasis awan yang dikembangkan oleh Google, yang menawarkan analisis data lingkungan berskala dunia. GEE digunakan untuk analisis data satelit hingga menghasilkan sebaran konsentrasi polutan. Perangkat lunak lain yang digunakan adalah perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS). Perangkat lunak GIS digunakan untuk mengolah data spasial dan *layouting* peta.

Data yang diolah adalah data *TROPOspheric Monitoring Instrument* (TROPOMI). TROPOMI adalah instrumen satelit yang dipasang pada satelit Copernicus Sentinel-5 Precursor yang diluncurkan pada 13 Oktober 2017, direncanakan untuk misi selama tujuh tahun. Data satelit Sentinel-5P digunakan untuk pemantauan konsentrasi aerosol dan gas polutan NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HCHO, CH<sub>4</sub> dan SO<sub>2</sub>.

Peta kerentanan risiko Covid-19 Jabodetabek diperoleh dari LAPAN melalui halaman LAPAN Hub Covid-19 pada alamat <https://covid19.lapan.go.id/pages/jabodetabek>. LAPAN Hub Covid-19 adalah portal aplikasi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geospasial (SIG) yang dikembangkan oleh LAPAN untuk analisa potensi risiko Covid-19 di suatu wilayah.

## Metode Pengumpulan dan Analisis Data

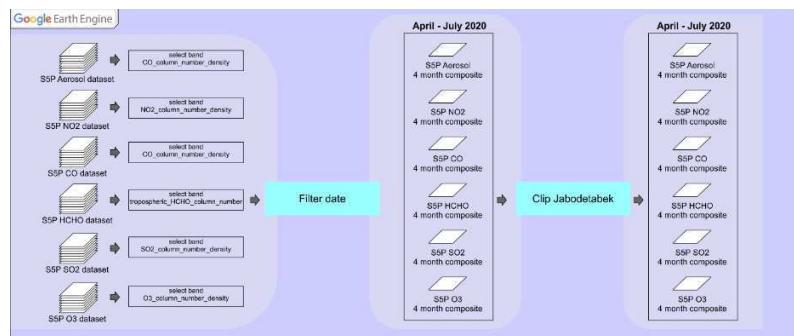
### Analisis Hubungan Konsentrasi Polutan dan Kerentanan Risiko Covid-19

Jenis data yang dikumpulkan meliputi data sekunder yaitu data konsentrasi polutan ( $\text{NO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$ , HCHO,  $\text{SO}_2$ , dan aerosol) dan peta kerentanan risiko Covid-19. Metode pengumpulan dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis data, parameter, dan metode pengumpulan data

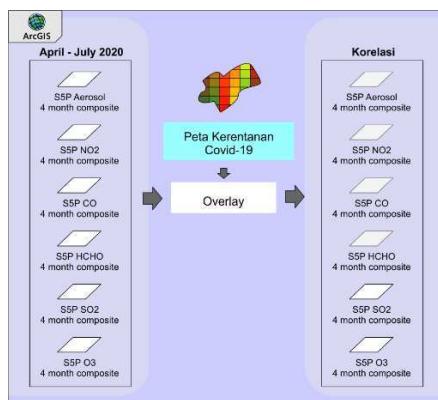
Jenis Data	Data yang dikumpulkan	Metode	Alat dan Bahan/Objek
Konsentrasi polutan	Konsentrasi $\text{NO}_2$ , CO, $\text{O}_3$ , HCHO, $\text{SO}_2$ dan aerosol	Analisis spasial multi temporal	Google Earth Engine, COPERNICUS/S5P/NRTI

Data satelit Sentinel 5P TROPOMI tersedia dalam resolusi temporal tinggi (harian). Karena itu, perlu dilakukan filter berdasarkan tanggal akuisisi data. Cakupan tanggal yang dipilih adalah bulan April hingga Juli 2020. Rentang waktu ini dipilih berdasarkan kejadian pandemi Covid-19 di Indonesia. Hasil dari proses *filtering* ini adalah citra komposit temporal empat bulan untuk masing-masing gas polutan. Masing-masing data kemudian dilakukan proses clipping untuk mendapatkan area sesuai dengan area fokus kajian yaitu Jabodetabek. Proses ini dilakukan di platform GEE. Data yang dihasilkan kemudian di-*export* untuk kemudian di-*download* agar dapat dibuka di *software GIS*. Alur proses ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur proses penyiapan data pada platform *Google Earth Engine*

Selanjutnya, data diolah pada software GIS dengan melakukan analisis tumpang tindih atau *overlay* dengan peta kerentanan risiko Covid-19 untuk mendapatkan korelasi antara konsentrasi gas polutan dengan kerentanan risiko Covid-19. Alur proses ini digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Alur proses *overlay* untuk mendapatkan korelasi konsentrasi polutan terhadap risiko Covid-19

### Analisis Hubungan Tutupan Lahan dan Kerentanan Risiko Covid-19

Data tutupan lahan yang digunakan adalah data tutupan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2018 melalui Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Data tutupan lahan ini terdiri dari 23 kelas tutupan lahan yaitu: Hutan Lahan Kering Primer (Hp), Hutan Lahan Kering Sekunder (Hs), Hutan Mangrove Primer (Hmp), Hutan Rawa Primer (Hrp), Hutan Mangrove Sekunder (Hms), Hutan Rawa Sekunder (Hrs), Hutan Tanaman (Ht), Belukar (B), Perkebunan (Pk), permukiman (Pm), Tanah Terbuka (T), Savanna (S), Badan Air (A), Belukar Rawa (Br), Pertanian Lahan Kering (Pt), Pertanian Lahan Kering Campur (Pc), Tambak (Tm), Bandara (Bdr), transmigrasi (Tr), Pertambangan (Pb), dan Rawa (Rw). Tutupan lahan dibangun dengan teknik visual berdasarkan citra satelit Landsat.

Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara tutupan lahan dengan kerentanan risiko Covid-19 adalah analisis tumpang tindih atau *overlay* pada *software GIS*. Analisis ini akan menghasilkan tingkat kerentanan risiko Covid-19 untuk tiap tipe tutupan lahan.

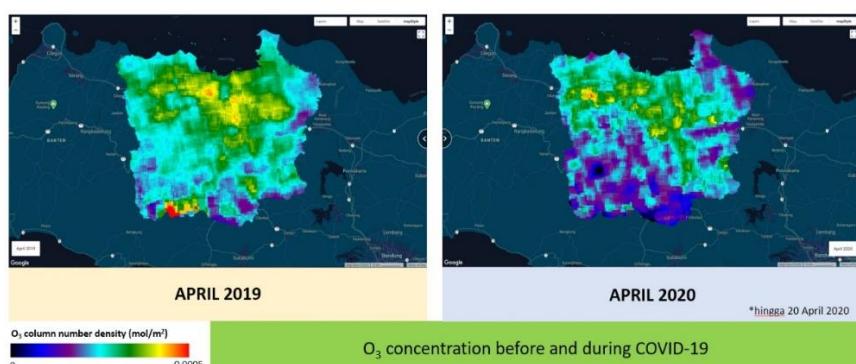
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan Konsentrasi Polutan Sebelum dan Sesudah Adanya Pandemi Virus Corona

Data konsentrasi beberapa polutan di wilayah Jabodetabek seperti: NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, HCHO, SO<sub>2</sub>, dan aerosol, diperoleh dari pemrosesan data satelit Sentinel 5P TROPOMI yang tersedia dalam resolusi temporal tinggi (data rata-rata harian). Untuk melihat dinamika perubahan konsentrasi polutan pada periode sebelum dan setelah terjadinya pandemi Covid-19, waktu akuisisi yang dipilih adalah bulan April 2019 dan April 2020. Rentang waktu ini dipilih berdasarkan kejadian pandemi Covid-19 di Indonesia. Hasil dari proses *filtering* ini adalah citra komposit temporal empat bulan untuk masing-masing gas polutan. Masing-masing data kemudian dilakukan proses *clipping* untuk mendapatkan area sesuai dengan area fokus kajian yaitu Jabodetabek. Proses ini dilakukan di platform *Google Earth Engine* (GEE). Hasil analisis citra satelit untuk beberapa parameter polutan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

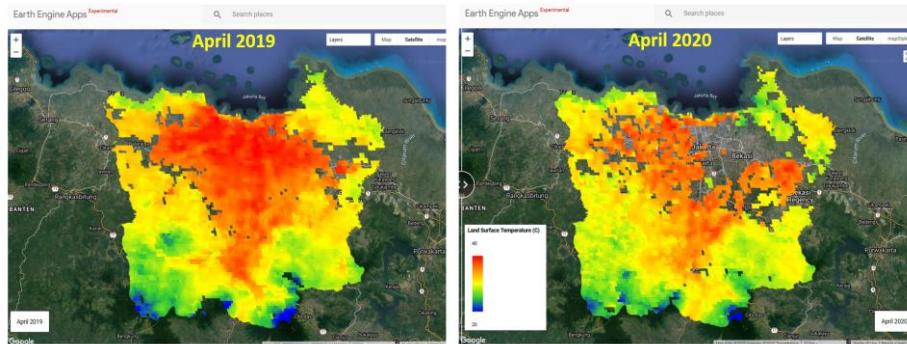


Gambar 4 Perubahan konsentrasi NO<sub>2</sub> di Jabodetabek sebelum adanya pandemi virus Corona (April 2019) dan periode awal terjadinya pandemi (April 2020)



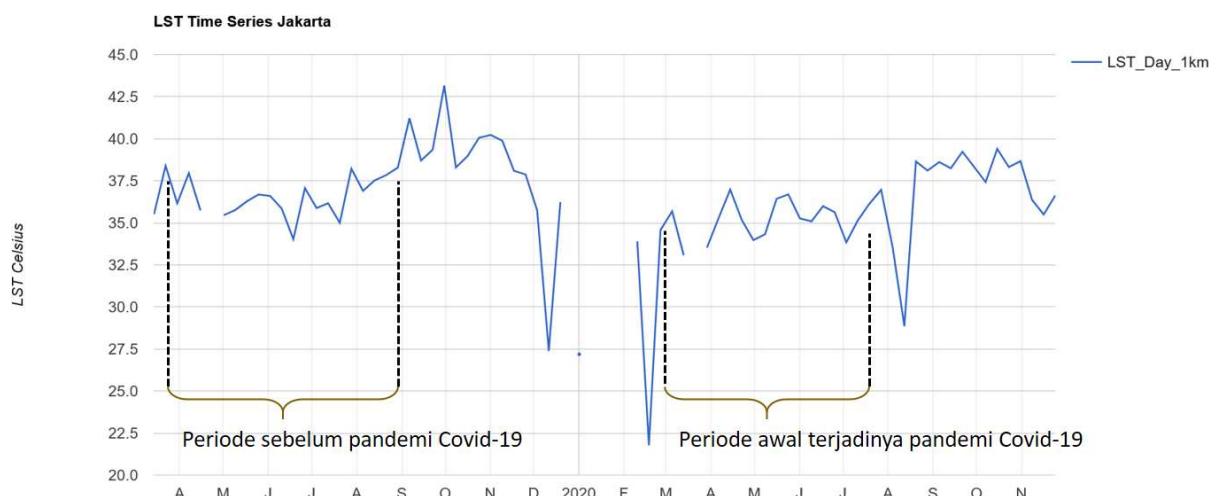
Gambar 5 Perubahan konsentrasi O<sub>3</sub> di Jabodetabek sebelum adanya pandemi virus Corona (April 2019) dan periode awal terjadinya pandemi (April 2020)

Untuk melihat dinamika perubahan perubahan suhu permukaan, dilakukan pula analisis *land surface temperature* (LST) baik pada periode sebelum dan saat terjadinya pandemi Covid-19. Dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7 bahwa telah terjadi penurunan suhu permukaan pada periode awal terjadinya pandemi Covid-19 ini. Berdasarkan perbandingan pada interval bulan Maret sampai Juli 2019 dan 2020, dapat dilihat bahwa penurunan suhu permukaan (LST) rata-rata diperkirakan sekitar 2.0°C sampai dengan 2.5°C. Penurunan suhu ini disebabkan oleh menurunnya aktivitas masyarakat akibat pembatasan sosial berskala besar (PSBB) di wilayah Jabodetabek pada awal April 2020.



Gambar 6 Perubahan suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature*, LST) di Jabodetabek sebelum adanya pandemi virus Corona (April 2019) dan saat terjadinya pandemi (April 2020)

Gambar 7 menunjukkan suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature*, LST) di Jabodetabek sebelum adanya pandemi virus Corona (April 2019) dan saat terjadinya pandemi (April 2020).

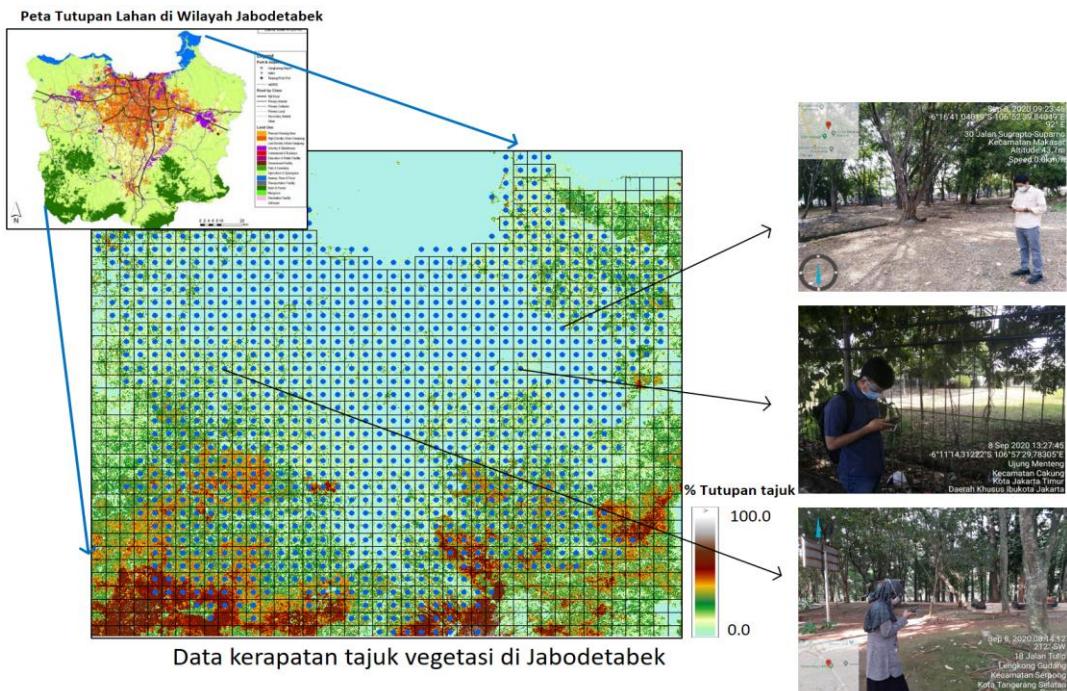


Gambar 7 Dinamika perubahan suhu permukaan tanah (LST) pada periode April 2019 hingga April 2020 (Sumber data: Sentinel-5P *near real time data* (European Comission/ESA/Copernicus) and MOD11A2.006 Terra *Land Surface Temperature and Emissivity 8-Day Global 1km*)

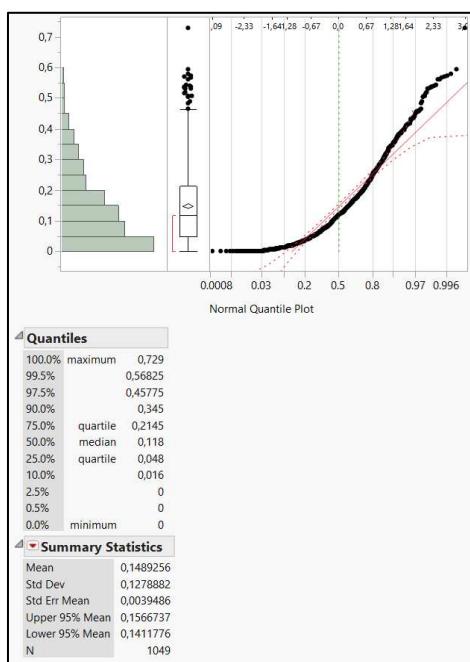
### Analisis Hubungan Tutupan Lahan dan Kerentanan Risiko Covid-19

Data tutupan lahan yang digunakan adalah data tutupan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2018 melalui Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Data tutupan lahan ini terdiri dari 23 kelas tutupan lahan, dengan resolusi spasial 30 m.

Berdasarkan hasil ekstraksi data kerapatan tajuk dapat diketahui bahwa rata-rata nilai tutupan tajuk vegetasi di wilayah Jabodetabek adalah 14.48% dengan simpangan baku  $\pm 12.78\%$ . Tutupan tajuk vegetasi yang cukup rendah terdapat di wilayah Jakarta, dimana nilai tutupan rata-rata sekitar 3% (Gambar 9).



Gambar 8 Ekstraksi data kerapatan tajuk vegetasi di beberapa tipe tutupan lahan berdasarkan hasil observasi lapangan dan pemodelan *canopy cover* pada ukuran grid (2.5 x 2.5) km

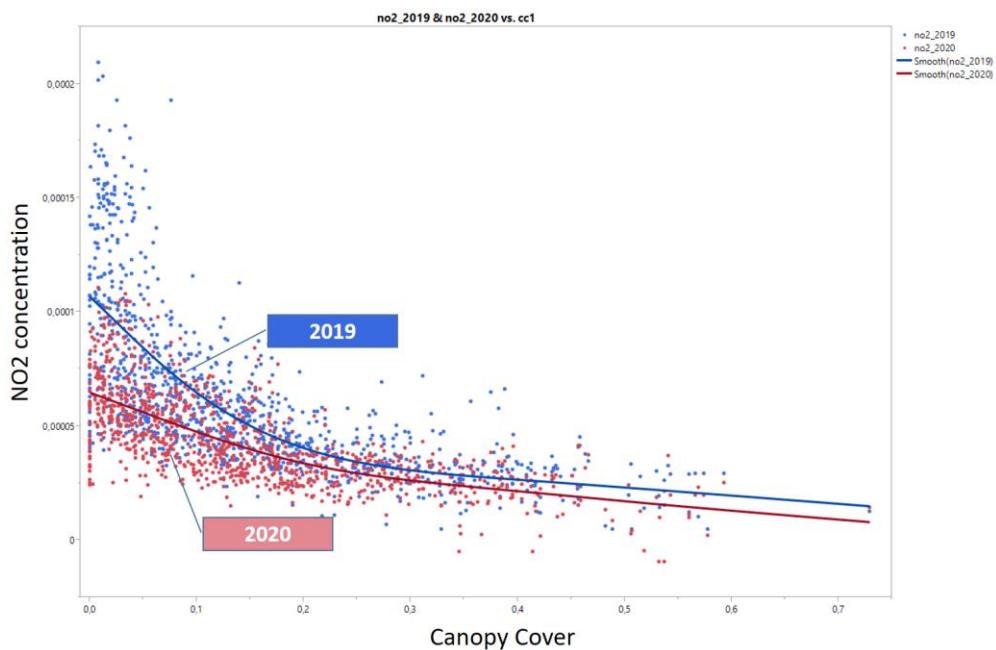


Gambar 9 Gambaran nilai statistik dan sebaran data kerapatan tajuk vegetasi di wilayah Jabodetabek



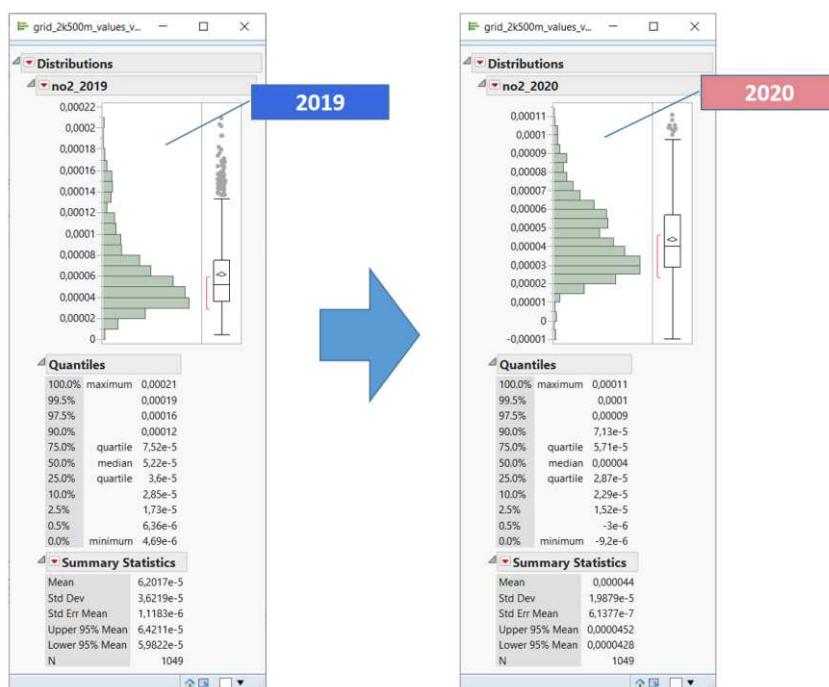
Gambar 10 Ruang terbuka hijau di Jakarta

Meskipun demikian, terdapat beberapa *site* di Jakarta yang memiliki tutupan tajuk vegetasi sedang, yaitu di lokasi RTH (Ruang Terbuka Hijau) seperti taman kota, taman bermain dan jalur hijau. Gambar 10 menunjukkan contoh RTH yang merupakan sarana lingkungan untuk meningkatkan kualitas udara dan menunjang kelestarian air dan tanah. Penyediaan dan pemanfaatan RTH ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya ruang yang cukup bagi penciptaan iklim mikro dan pereduksi polutan di kawasan perkotaan, tempat rekreasi dan olahraga masyarakat dan kawasan konservasi untuk kelestarian hidrologis.



Gambar 11 Korelasi tutupan tajuk dan konsentrasi NO<sub>2</sub> tahun 2019 dan 2020

Hasil analisis korelasi tutupan tajuk dan dinamika perubahan konsentrasi NO<sub>2</sub> tahun 2019 dan 2020 digambarkan pada Gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi NO<sub>2</sub> di wilayah dengan tutupan tajuk yang cukup rapat (>20%) tidak signifikan berbeda pada kondisi sebelum dan setelah terjadinya pandemi Covid-19, sebaliknya untuk wilayah dengan tutupan tajuk rendah (<20%), penurunan aktivitas kegiatan masyarakat akibat penerapan PSBB telah menurunkan konsentrasi rata-rata polutan, seperti NO<sub>2</sub> sebesar 0.0005 mol/l. Hal ini menunjukkan peran vegetasi yang cukup signifikan dalam mengurangi konsentrasi polutan. Perubahan konsentrasi polutan sebelum dan sesudah terjadinya pandemi Covid-19 secara statistik ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Perubahan karakteristik data statistik sebaran NO<sub>2</sub> antara 2019 and 2020

## SIMPULAN

Hasil analisis dinamika perubahan konsentrasi beberapa polutan udara ( $\text{NO}_2$ , CO,  $\text{O}_3$ , dan *Formaldehyde* HCHO) berdasarkan citra satelit Sentinel 5P menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi polutan pada saat terjadi pandemi Covid-19, dibandingkan sebelum terjadinya pandemi. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya mobilisasi masyarakat dan transportasi kendaraan akibat pembatasan sosial berskala besar (PSBB) di wilayah Jabodetabek.

Berdasarkan analisis kerapatan vegetasi dengan citra satelit menunjukkan bahwa rata-rata nilai tutupan tajuk vegetasi di wilayah Jabodetabek adalah 14.48%. Tutupan tajuk vegetasi yang cukup rendah terdapat di wilayah Jakarta, dimana nilai tutupan rata-rata sekitar 3%. Pengaruh adanya ruang terbuka hijau dan kondisi kerapatan tutupan vegetasi sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi polutan udara, terutama  $\text{NO}_2$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional atas hibah penelitian skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) Tahun Anggaran 2020 Nomor: 4018/IT3.L1/PN/2020. Terima kasih kepada Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH), IPB atas bantuan dan dukungannya dalam pengumpulan dan analisis data lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [DLH DKI Jakarta] Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. 2016. *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta Tahun 2016 (Ringkasan Eksekutif)*. Jakarta (ID): DLH Provinsi DKI Jakarta.
- Aida NR. 2020. *LAPAN Analisis Daerah Rentan dan Sebaran Risiko Covid-19, Bagaimana caranya* [Internet]. [diunduh 2020 Jun 21]. Tersedia pada: <https://lapan.go.id/post/6395/lapan-analisis-daerah-rentan-dan-sebaran-risiko-covid19-bagaimana-caranya>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. 2018. *Kabupaten Bogor dalam Angka*. Bogor (ID): BPS Kabupaten Bogor.
- Badan Pusat Statistik Kota Bogor. 2018. *Kota Bogor dalam Angka*. Bogor (ID): BPS Kota Bogor.
- Grey GW, Deneke FJ. 1986. *Urban Forest (Second Edition)*. New York (US): J Wiley.
- Inoguchi T, Newman E, Paoletto G. 2015. *Kota dan Lingkungan: Pendekatan Baru Masyarakat Berwawasan Ekologi*. Jakarta (ID): LPES.
- IQAir. 2020. *2019 World Air Quality Report: Region dan City PM2,5 Ranking* [Internet]. [diunduh 2020 Jun 21]. Tersedia pada: <https://www.iqair.com/us/indonesia>.
- Kampa M, Castanas E. 2008. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*. 151: 362-367.
- Manosalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou EE. 2020. Environmental and health impact of air pollution: a review. *Frontiers in Public Health*. 8: 1-13. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.
- Marbun BN. 1990. *Kota Indonesia Masa Depan: Masalah dan Prospek*. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga.
- Nowak DJ, Hirabayashi S, Doylec M, McGovernc M, Pasherc J. 2018. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. *Urban Forestry and Urban Greening*. 29: 40-48.
- Soeriatmadja RE. 1997. *Ilmu Lingkungan*. Bandung (ID): Penerbit ITB.
- Wu X, Nethery RC, Sabath MB, Braun D, Dominici F. 2020. Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Science Advances*. 6(45).
- Yang JJ, McBride J, Zhou J, Sun Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry and Urban Greening*. 3: 65-78.