

Dampak pembatasan sosial berskala besar terhadap kualitas udara di Jakarta

Rezky Yunita, Mangapul Parlindungan Tambunan, Rudy P. Tambunan dan ²Achmad Fahrudin Rais

¹Prodi Pascasarjana Ilmu Geografi, Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Gedung H, Kampus UI Depok, Jawa Barat, ²Pusat Meteorologi Penerbangan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Kemayoran, Jakarta Pusat

Koresponden Email: rezky.yunita@ui.ac.id

Direvisi: 2021-01-24 Diterima: 2021-03-12
©2021 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

Abstrak Beberapa negara di dunia memberlakukan pembatasan sosial dan karantina wilayah sebagai upaya untuk menekan laju penularan wabah virus COVID-19. Pembatasan sosial dan karantina wilayah memberikan dampak negatif bagi perekonomian, namun juga dapat berdampak positif bagi perbaikan kondisi lingkungan khususnya kualitas udara di suatu wilayah. Selama periode Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di Jakarta tahun 2020, aktivitas penduduk di luar rumah menurun secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif perubahan parameter kualitas udara berupa $PM_{2.5}$ dan *visibility* di Jakarta selama periode sebelum (2019) dan setelah pandemi (2020) menggunakan metode statistik. Pengaruh mobilitas penduduk dan distribusi spasial konsentrasi polutan juga dianalisis dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan selama masa pandemi COVID-19, terdapat pengurangan konsentrasi polutan pada tahun 2020 hingga lebih dari 100 persen dibandingkan tahun 2019. Jarak pandang mendatar di Jakarta juga meningkat hingga 11 persen selama PSBB. Mobilitas penduduk mempengaruhi konsentrasi polutan di Jakarta sebesar 30 persen dan distribusi spasial menunjukkan adanya fluktuasi konsentrasi $PM_{2.5}$ sebelum dan setelah diberlakukannya PSBB.

Kata kunci: COVID-19, PSBB, $PM_{2.5}$, *Visibility*, Kualitas Udara, Mobilitas Penduduk

Abstract Countries worldwide have implemented some sort of lockdowns to slow down COVID-19 infection and mitigate it. Lockdown due to COVID-19 has drastic effects on social and economic fronts. However, this lockdown also has some positive effects on the natural environment, especially on air quality. During the 2020 PSBB period in Jakarta, outdoor activity decreased significantly. This study quantitatively analyzes air quality parameters of $PM_{2.5}$ and *visibility* changes in Jakarta during the period before (2019) and after the pandemic (2020) using statistical methods. The impact of mobility to pollution also become a concern in this study. The results confirmed an improvement in air quality due to the implementation of social restrictions during the COVID-19 pandemic. PSBB has an impact on reducing pollutant concentrations by more than 100 percent during PSBB compared to 2019. The horizontal *visibility* in Jakarta also increased by 11 percent during the PSBB. Mobility has affected $PM_{2.5}$ concentration by 30 percent in Jakarta, and spatial distribution of $PM_{2.5}$ shows evidence of fluctuation during and before PSBB enacted.

Keywords: COVID-19, PSBB, $PM_{2.5}$, *Visibility*, Air Quality, Population Mobility

PENDAHULUAN

Pada bulan Maret 2020, *World Health Organization* (WHO) sebagai organisasi kesehatan dunia di bawah *United Nation* (UN) telah menetapkan COVID-19 sebagai pandemi global (WHO, 2020). COVID-19 adalah penyakit yang disebabkan oleh *coronavirus* (SARS-Cov-2). Kemunculan pertama COVID-19 terdeteksi di wilayah Wuhan, China pada bulan Desember 2019. Transmisi penularan COVID-19 adalah melalui *droplet* yang dikeluarkan dari saluran pernafasan (mulut dan hidung) manusia (Han & Yang, 2020). Sebagai upaya menekan laju penularan virus, WHO menghimbau masyarakat dunia untuk melakukan pembatasan sosial (*social distancing*). Implikasi dari himbauan tersebut adalah diberlakukannya karantina wilayah atau *lockdown* di beberapa negara.

Di Indonesia sendiri, wabah virus COVID-19 pertama kali terdeteksi pada bulan Maret 2020. Jakarta menjadi wilayah dengan tingkat infeksi tertinggi se-Indonesia (www.COVID-19.go.id, 2020). Jakarta sebagai ibu kota negara merupakan pusat perekonomian bagi warga di sekitarnya. Sebagai langkah antisipasi meluasnya penyebaran COVID-19, pemerintah daerah Jakarta memberlakukan kebijakan *Working From Home* (WFH) disusul dengan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) sebagai alternatif karantina wilayah. Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) merupakan peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia dalam upaya menekan laju penyebaran virus COVID-19. PSBB dilakukan secara parsial, disesuaikan dengan tingkat kerawanan suatu wilayah. Tabel 1 berikut

adalah *timeline* COVID-19 di Indonesia dan periode PSBB di provinsi Jakarta.

Himbauan *working from home* (WFH) mulai diberlakukan pada tanggal 16 Maret 2020, disusul dengan pemberlakuan PSBB pada tanggal 10 April 2020 di Jakarta (PPID, 2020). Selama masa WFH dan PSBB, aktivitas masyarakat sebagian besar dilakukan di dalam rumah. Sekolah dan perkantoran dilakukan secara jarak jauh; tempat hiburan, restoran dan rumah ibadah ditutup sementara; transportasi umum dilarang beroperasi dan penggunaan kendaraan pribadi dibatasi. Data yang diperoleh dari situs pemantau lalu-lintas Jakarta menunjukkan saat WFH mulai diberlakukan, persentase kemacetan di Jakarta mengalami penurunan menjadi hanya sebesar 8 persen dibandingkan bulan Maret 2019 (www.tomtom.com, 2020). Hal serupa juga dijumpai pada negara-negara lain yang memberlakukan kebijakan pembatasan sosial dan karantina wilayah sejak kisan akhir Maret 2020. Di Singapura, pemberlakuan *circuit breaker* pada tanggal 15 Maret hingga 04 Mei 2020 mengurangi mobilitas penduduk hingga 30 persen yang berdampak pada pengurangan emisi kendaraan bermotor sebesar 44,3 - 55,4 persen (Jiang et al., 2020), di negara yang memberlakukan karantina wilayah total seperti Italia, Spanyol dan Prancis mengalami penurunan mobilitas penduduk hingga 90 persen (Muhammad, Long, & Salman, 2020).

Penurunan mobilitas penduduk dapat berdampak negatif bagi perekonomian di suatu wilayah akibat menurunnya aktivitas perekonomian dan transaksi perdagangan di masyarakat. Namun di sisi lain, berkurangnya mobilitas penduduk memberikan dampak positif bagi perbaikan kualitas udara seiring dengan pengurangan penggunaan kendaraan bermotor (Dutheil, Baker, & Navel, 2020). Perbaikan kualitas udara terjadi akibat berkurangnya emisi kendaraan bermotor dan industri yang menjadi penyumbang gas polutan seperti NO₂, SO₂, CO₂ dan PM di atmosfer (Hyslop, 2009). Selama periode *lockdown*, level gas NO₂ di India berkurang antara 40 – 50 persen; sedangkan di Amerika Serikat emisi gas CO₂ berkurang sebesar 40 persen (Shakil, Munim, Tasnia, & Sarowar, 2020). Di China,

konsentrasi gas NO₂ berkurang hingga 53,3 persen dan *Particulate Matter* (PM_{2.5}) menurun sebesar 36,9 persen (Lian et al., 2020).

Di Jakarta, indikasi peningkatan kualitas udara dapat diamati secara visual. Di media berita *online* banyak beredar foto-foto perbedaan kondisi udara sebelum dan saat diberlakukannya PSBB di Jakarta. Gambar 1 menunjukkan perbandingan kondisi udara di Jakarta sebelum pandemi (6 September 2019) dan saat WFH berlangsung (3 April 2020). Sebelum adanya pandemi, Jakarta sering mengalami fenomena kekaburan udara (*haze*) yang ditandai dengan menurunnya jarak pandang mendatar (*visibility*). Penurunan visibilitas dapat terjadi akibat polusi udara, bahkan pada kasus yang ekstrim seperti kebakaran hutan, visibilitas dapat mencapai 0 meter. *Particulate Matter* (PM) yang mengambang di udara merupakan penyebab menurunnya *visibility*. PM memengaruhi visibilitas dengan 3 cara: mengaburkan pandangan, mengurangi kontras objek jarak jauh dan menyebabkan langit terlihat tidak biru bahkan tidak berwarna (Hyslop, 2009). PM dihasilkan dari pembuangan gas kendaraan bermotor dan asap pabrik. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan adanya keterkaitan antara aktivitas dan mobilitas masyarakat dengan kualitas udara.

Penelitian Rizi D et al., (2019) menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{2.5} di wilayah Jakarta menurun secara signifikan saat WFH berlangsung, namun hasil penelitian tersebut masih terbatas di bulan Maret 2020 dan belum menjelaskan bagaimana hubungan antara WFH dengan penurunan jumlah konsentrasi polutan. Seberapa besar pengaruh mobilitas penduduk terhadap konsentrasi polutan di Jakarta juga menjadi informasi yang sangat penting untuk dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif perubahan kualitas udara di Jakarta sebelum dan saat PSBB berlangsung dengan menggunakan parameter konsentrasi *Particulate Matter* (PM_{2.5}) dan jarak pandang mendatar (*visibility*). Pengaruh mobilitas penduduk Jakarta terhadap jumlah konsentrasi polutan selama pandemi COVID-19 dihitung menggunakan metode regresi linier, selain itu, distribusi spasial konsentrasi PM_{2.5} dari data model juga dianalisis dalam penelitian ini.

Tabel 1. *Timeline* Periode PSBB di Provinsi Jakarta

Tanggal	Status	Keterangan
1 Jan – 29 Feb 2020	Sebelum pandemi	
1 Maret – 15 Maret 2020	Awal penyebaran COVID-19	
16 Maret – 9 April 2020	<i>Working From Home</i> (WFH)	Sebagian Aparatur Sipil Negara (ASN) bekerja dari rumah.
10 April – 23 April 2020	PSBB Jilid I	ASN dan pekerja kantoran bekerja dari rumah.
24 April – 22 Mei 2020	PSBB Jilid II	Sekolah dan Kampus ditutup, siswa belajar dari rumah. Transportasi umum dibatasi.
22 Mei – 4 Juni 2020	PSBB Jilid III	Tempat hiburan dan tempat ibadah ditutup.
5 Juni – 2 Juli 2020	PSBB Transisi Fase I	Kantor dibuka dengan kapasitas 50%.
2 Juli – 13 Sep 2020	Perpanjangan PSBB Transisi	Aktivitas sosial-ekonomi, agama, dan tempat hiburan dibuka dengan kapasitas 50%. Siswa masih belajar dari rumah
14 Sep – 11 Okt 2020	PSBB Jilid IV	PSBB ketat kembali berlaku. Kantor dan tempat hiburan ditutup. Tempat ibadah besar ditutup. Transportasi umum dibatasi.
12 Okt – 30 Nov 2020	PSBB Transisi Fase II	Kantor dibuka dengan kapasitas 25%. Tempat hiburan, tempat ibadah dibuka.

(Sumber: www.news.detik.com, 2020)



Gambar 1. Perbandingan Kondisi Udara di Jakarta Sebelum (6 September 2019) dan Saat Pandemi (3 April 2020)
(Sumber: <https://ramadan.tempo.co/foto/79583/indahnyalangi-biru-jakarta-di-masa-psbb-corona#>)

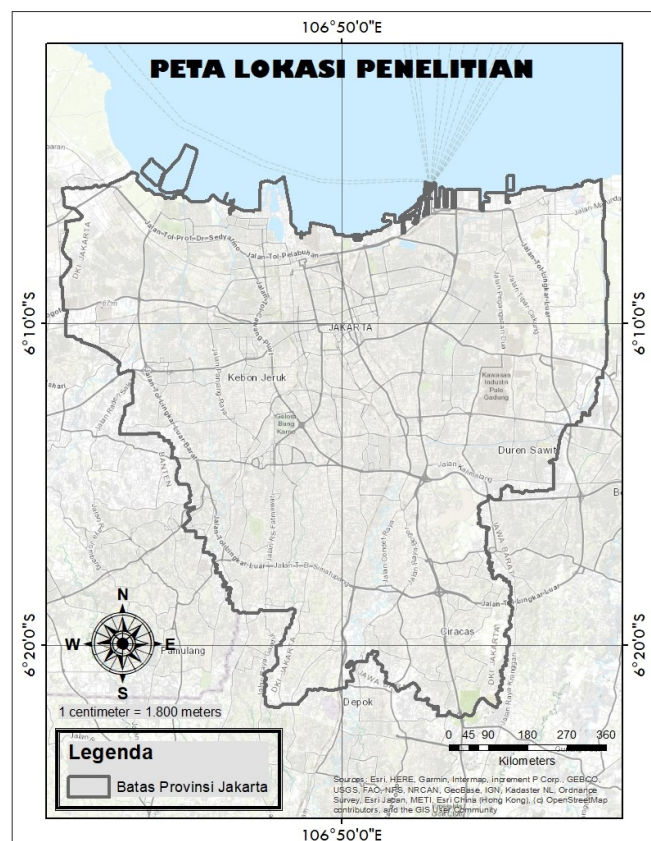
METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Jakarta adalah ibu kota negara Indonesia yang terletak di antara $5^{\circ} 19' 12''$ - $6^{\circ} 23' 54''$ LS $106^{\circ} 22' 42''$ - $106^{\circ} 58' 18''$ BT. Luas wilayah daratan Jakarta 662.33 km^2 dengan jumlah penduduk pada tahun 2019 mencapai 11 juta jiwa (Tosepu et al., 2020). Jakarta merupakan pusat industri dan mobilitas di Indonesia. Populasi penduduk yang tinggi dan bertambahnya hunian berupa apartemen di pinggiran kota, serta harga kendaraan bermotor yang relatif terjangkau berkontribusi pada tingginya pelepasan PM ke atmosfer. Hal ini menjadikan Jakarta sebagai ibu kota negara ke-lima di dunia dengan tingkat polusi tertinggi dan *trend* konsentrasi rata-rata $\text{PM}_{2.5}$ selama sepuluh tahun (2010-2019) di Jakarta mengalami peningkatan tiap tahunnya (Santoso et al., 2020). Tingkat polusi di Jakarta sangat berkaitan dengan aktivitas penduduk dan penggunaan kendaraan bermotor (Kusumaningtyas et al., 2018). Gambar 2 menunjukkan peta lokasi penelitian.

Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder $\text{PM}_{2.5}$, *visibility*, dan indeks mobilitas penduduk bulan Januari – November 2020. Data $\text{PM}_{2.5}$ diperoleh dari *AirNow* dengan alat pengukuran yang berlokasi di kedutaan besar Amerika Serikat di Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan. Data mobilitas penduduk diperoleh dari laporan mobilitas masyarakat yang dipublikasikan oleh *Google* dari situs *community mobility reports* milik *Google* yang dapat diakses secara online (<https://www.google.com/covid19/mobility/>). Data ini dilaporkan harian oleh *Google* berdasarkan rekaman data *Google Maps* penggunaanya. Rangkuman data ini merepresentasikan perubahan pola kunjungan di suatu tempat pada masa pandemi relatif terhadap masa sebelum pandemi (*baseline* data yang digunakan adalah 3 Januari – 6 Februari 2020). Perubahan dilaporkan dalam bentuk persentase (%). Persentase negatif menunjukkan adanya pengurangan dan positif menunjukkan penambahan pergerakan masyarakat di tempat-tempat umum seperti pasar, apotek, stasiun, taman, kantor dan area hunian. Batasan dari penggunaan data ini adalah *community mobile reports* tidak merekam aktivitas penduduk di luar pengguna aplikasi *Google Maps*.



Gambar 2. Peta Provinsi Jakarta

Particulate Matter (PM)

Particulate Matter (PM) adalah partikel polutan berupa campuran senyawa kimia yang mengambang di udara. $\text{PM}_{2.5}$ merupakan sebutan bagi partikel polutan yang memiliki diameter lebih kecil dari < 2.5 mikron. $\text{PM}_{2.5}$ berasal dari sisa pembuangan kendaraan bermotor maupun gas buangan industri dan rumah tangga (Le et al., 2020). Konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ di udara dapat memengaruhi visibilitas secara lokal, regional dan global (Hyslop, 2009). Data $\text{PM}_{2.5}$ yang digunakan dalam penelitian ini memiliki resolusi temporal 1 jam dengan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dalam penelitian ini, konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ yang diamati di Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat dibandingkan dan dihitung persentase perubahannya terhadap data tahun 2019 yang merepresentasikan kondisi sebelum pandemi. Kemudian dikaitkan dengan perubahan mobilitas penduduk di Jakarta selama periode Januari-November 2020, dengan batasan asumsi bahwa aktivitas penduduk di luar rumah berkontribusi pada peningkatan gas polutan akibat penggunaan kendaraan bermotor. Sumber lain seperti industri dan faktor lain tidak dibahas dalam penelitian ini.

Visibility

Visibility adalah jarak pandang mendatar terjauh yang dapat ditangkap oleh indera penglihatan manusia. Pengukuran *visibility* secara manual dilakukan setiap jam dengan menentukan jarak antara lokasi pengamatan terhadap titik acuan berupa bangunan atau gunung yang kontras dengan latar belakang dan sekelingnya (WMO, 2014). Dalam penelitian ini, *visibility* dianalisis untuk mengetahui persentase perubahan kualitas udara dengan parameter visual sebelum dan setelah diberlakukan PSBB di Jakarta.

Analisis Statistik

Untuk mengetahui perubahan kondisi kualitas udara sebelum dan saat diberlakukannya PSBB secara kuantitatif, maka dilakukan perhitungan persentase perubahan dengan menghitung selisih antara konsentrasi $PM_{2.5}$ dan *visibility* tahun 2019 terhadap tahun 2020. Hubungan antara variabel mobilitas penduduk dan konsentrasi polutan ($PM_{2.5}$) dijelaskan dengan korelasi Pearson, sedangkan, untuk mengetahui seberapa besar mobilitas penduduk memengaruhi jumlah konsentrasi polutan $PM_{2.5}$ di Jakarta, digunakan analisis statistik regresi linier dengan rumus:

$$PM_{2.5} = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + c + e$$

dimana:

$b_1 - b_6$ adalah koefisien beta

$X_1 - X_6$ secara berurutan adalah indeks mobilitas penduduk di sektor perdagangan/pasar, apotek, taman, stasiun, kantor dan rumah berdasarkan data *Google Mobility report*.

c adalah konstanta

e adalah error regresi

Untuk mengetahui perubahan distribusi spasial konsentrasi polutan $PM_{2.5}$ di Jakarta, maka dilakukan pemetaan jumlah polutan $PM_{2.5}$ secara spasial. Data yang digunakan adalah data model pemantauan atmosfer global *Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAM5)* dengan resolusi spasial awal 0,125 (~13 km) derajat yang kemudian dilakukan resampling menjadi 0,05 derajat sehingga resolusi akhirnya adalah ~5km. Untuk menunjukkan bahwa data model CAM5 dapat merepresentasikan kondisi $PM_{2.5}$ di Jakarta, maka dilakukan analisis koefisien korelasi Person antara data model dan data observasi di titik pengamatan $PM_{2.5}$ Jakarta Selatan dan Jakarta Utara. Data model dalam format raster kemudian diinterpolasi dan dipetakan menggunakan *software ArcGIS 10.6*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data di 2 (dua) titik pengamatan (Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat) menunjukkan persentase perubahan yang bernilai negatif pada saat PSBB mulai dilaksanakan (April-November 2020). Nilai negatif menunjukkan bahwa bahwa konsentrasi polutan $PM_{2.5}$ pada tahun 2020 lebih rendah dibandingkan tahun 2019. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jakarta Pusat berkurang secara signifikan dengan persentase berkisar antara 1,2 – 116,6 persen dengan penurunan tertinggi terjadi di bulan Oktober 2020. Sedangkan konsentrasi $PM_{2.5}$ di Jakarta Selatan berkurang 0,8 – 72,7 persen dengan pengurangan tertinggi pada bulan September 2020 (Gambar 3). Penurunan konsentrasi polutan yang berbeda antara Jakarta Selatan dan Pusat dapat disebabkan adanya perbedaan distribusi spasial dari sumber polusi dan mobilitas penduduk di kedua wilayah tersebut.

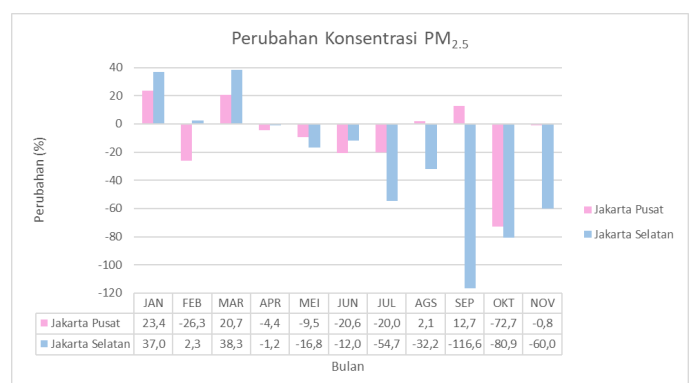
Jarak pandang mendatar (*visibility*) mendatar menjadi salah satu parameter kualitas udara yang dapat diamati secara visual. Tingginya konsentrasi polutan di udara dapat mengakibatkan penurunan *visibility* di suatu wilayah (Yuan et al., 2006). Secara visual, peningkatan *visibility* selama masa pandemi di Jakarta dapat diamati dan dibuktikan dari tangkapan gambar masyarakat yang menunjukkan penampakan Gunung Salak dari Jakarta. Di masa sebelum pandemi, atmosfer kota Jakarta seringkali diselimuti kabut (*haze*) yang menutup pandangan.

Berdasarkan data pengamatan di Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta Cengkareng (Tangerang Selatan) dan Halim Perdana Kusuma, perubahan jarak pandang mendatar (*visibility*) menunjukkan pola yang hampir serupa dengan perubahan konsentrasi polutan. Jarak pandang mendatar di Bandara Halim Perdana Kusuma - Jakarta Timur dan Bandara Soekarno Hatta-Tangerang Selatan mengalami peningkatan selama masa pandemi COVID-19 (Gambar 4).

Peningkatan jarak pandang mulai terjadi pada bulan April – November 2020 saat PSBB diberlakukan. Di Bandara Soekarno Hatta – Tangerang Selatan, jarak pandang mendatar meningkat hingga mencapai 9,1 persen pada bulan Mei, dan 8,3 persen pada bulan September 2020, sedangkan di Halim Perdana Kusuma, di bulan Mei jarak pandang mengalami peningkatan yang signifikan hingga 11,1 persen dan 10,9 persen di bulan September 2020. Berdasarkan data *Google Mobility Report*, mobilitas penduduk Jakarta menurun secara signifikan pada pertengahan bulan Maret 2020 saat kebijakan WFH diberlakukan (Gambar 5).

Aktivitas di pasar, apotek, taman, stasiun dan kantor berkurang hingga mencapai 60 persen dari bulan Februari sebelum COVID-19 terdeteksi di Indonesia. Sebaliknya, aktivitas di area hunian atau pemukiman meningkat hingga 20 persen. Hal ini menunjukkan bahwa selama kebijakan WFH dan PSBB diberlakukan, masyarakat banyak beraktivitas di dalam rumah. Berdasarkan data, penurunan paling tinggi terlihat pada aktifitas di tempat umum yang biasa digunakan untuk berkumpul seperti taman, dan fasilitas transportasi umum seperti stasiun. Kondisi ini berlangsung hingga bulan Juni 2020. Saat PSBB transisi dilaksanakan, aktivitas penduduk kembali meningkat, bahkan aktivitas masyarakat dari dan ke apotek meningkat hampir mendekati kondisi awal sebelum pandemi. Aktivitas di rumah pun berkurang seiring dengan mulai dibukanya kembali perkantoran dan tempat-tempat umum lainnya. Peningkatan aktivitas masyarakat di luar rumah semakin tinggi hingga pada pertengahan bulan September, pemerintah daerah memberlakukan PSBB ketat seiring dengan bertambahnya jumlah konfirmasi kasus positif di Jakarta. Perkantoran kembali ditutup sementara dan transportasi umum dibatasi, sehingga grafik mobilitas penduduk kembali menurun di bulan Oktober.

Besarnya hubungan antar variabel mobilitas penduduk dan konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat dianalisis dengan metode korelasi Pearson. Variabel mobilitas penduduk merupakan nilai persen perubahan mobilitas penduduk di Pasar, Apotek, Taman, Stasiun, Kantor dan Rumah selama tahun 2020. Hasil menunjukkan bahwa aktivitas luar ruangan seperti di



Gambar 3. Persentase Perubahan Konsentrasi Polutan ($PM_{2.5}$)

pasar, apotek, taman, kantor dan stasiun saling berkorelasi positif. Sebaliknya, kegiatan di rumah berkorelasi negatif, artinya ketika kegiatan di luar rumah menurun maka kegiatan di dalam rumah meningkat. Hasil analisis korelasi juga menunjukkan nilai negatif antara variabel PM_{2.5} dan variabel mobilitas penduduk. Hal ini menunjukkan bahwa mobilitas penduduk memengaruhi jumlah polutan secara berkebalikan, dimana saat aktivitas di luar rumah meningkat maka jumlah polutan berkurang. Nilai koefisien korelasi ditunjukkan pada Tabel 2.

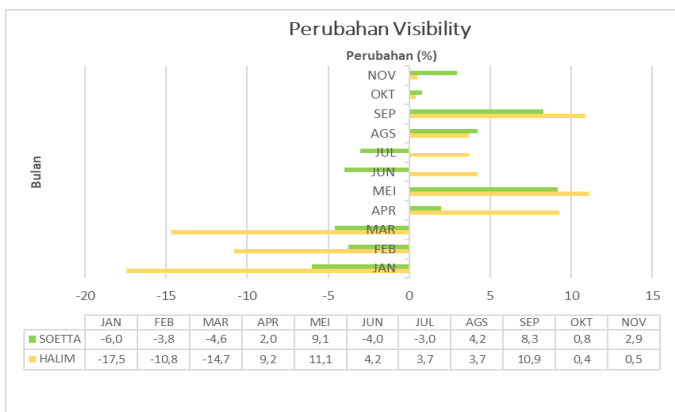
Untuk mengetahui seberapa besar variabel mobilitas penduduk memengaruhi konsentrasi polutan di Jakarta Selatan dan Jakarta Pusat, maka dilakukan analisis regresi linier. Analisis dilakukan terpisah antara Jakarta Selatan dan

Jakarta Pusat untuk mengetahui bagaimana pengaruh mobilitas penduduk di masing-masing wilayah. Nilai multiple R menunjukkan hubungan moderat (sedang) antara mobilitas penduduk dan PM_{2.5} baik di Jakarta Selatan maupun Jakarta Pusat (Gambar 6). Nilai R² menunjukkan bahwa mobilitas penduduk memengaruhi jumlah konsentrasi PM_{2.5} sebesar 21 persen (Jakarta Selatan) dan 33 persen (Jakarta Pusat). Artinya, secara umum mobilitas penduduk hanya dapat menjelaskan jumlah konsentrasi polutan di Jakarta sebesar 30 persen, sedangkan 70 persen lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak dilibatkan dalam penelitian ini seperti suhu, kelembaban udara, angin dan curah hujan (Cheung et al., 2005).

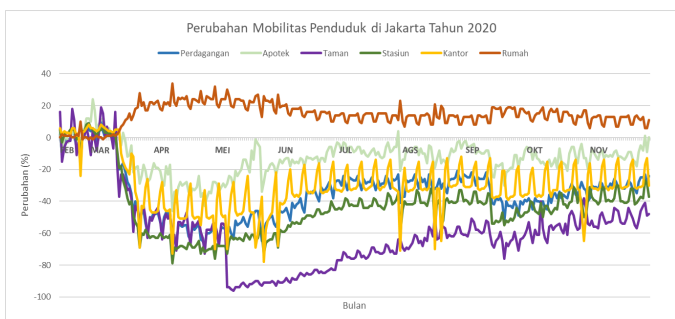
Akibat keterbatasan data titik pengamatan, maka untuk mendapatkan gambaran spasial sebaran polutan di Jakarta selama tahun 2020, digunakan data model CAMS yang diperoleh dari *European Centre for Medium-range Weather Forecast* (ECMWF). Hubungan antara data model dan observasi ditunjukkan pada Table 3. Nilai yang dihasilkan cukup baik sehingga data model dianggap dapat merepresentasikan kondisi aktual di lapangan.

Gambar 7 menunjukkan sebaran spasial rata-rata konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta selama bulan Maret, April, Juni dan Oktober 2020. Di bulan Maret, saat awal pandemi, konsentrasi polutan di Jakarta berkisar antara 25-35 µg/m³, dengan konsentrasi tertinggi berada di wilayah Jakarta Timur. Sumber polutan di Jakarta Timur dapat berasal dari aktivitas kendaraan bermotor para pekerja dari wilayah Bekasi yang masuk dan keluar wilayah Jakarta setiap hari. Polutan juga dapat berasal dari sumber tidak bergerak mengingat wilayah Jakarta Timur berbatasan langsung dengan Kabupaten Bekasi yang merupakan pusat industri terbesar di Asia Tenggara (bekasisociety.com, 2020).

Saat PSBB diberlakukan pada bulan April 2020, konsentrasi PM_{2.5} terlihat mengalami penurunan yang cukup signifikan. Di wilayah barat laut, tepatnya di perbatasan antara Jakarta barat dan Utara, konsentrasi PM_{2.5} antara 15-20 µg/m³, sedangkan mayoritas wilayah Jakarta Utara, Jakarta Barat, Jakarta Pusat dan Jakarta Selatan, konsentrasi PM_{2.5} berkisar antara 20-25 µg/m³. Penurunan konsentrasi polutan ini terjadi seiring dengan penurunan volume kendaraan yang masuk ke wilayah Jakarta. Volume kendaraan berkorelasi positif terhadap jumlah konsentrasi polutan di Jakarta (Muliane & Lestari, 2011). Kepala Dinas Perhubungan Jakarta menyatakan penurunan mencapai



Gambar 4. Persentase Perubahan Jarak Pandang di Jakarta Tahun 2020 terhadap Tahun 2019



Gambar 5. Prosentase Perubahan Mobilitas Penduduk Tahun 2020

Tabel 2. Koefisien korelasi mobilitas penduduk terhadap konsentrasi PM_{2.5}

	Pasar	Apotek	Taman	Stasiun	Kantor	Rumah	PM2.5 Jakpus	PM2.5 Jaksel
Pasar	1							
Apotek	0,89	1						
Taman	0,68	0,47	1					
Stasiun	0,94	0,83	0,75	1				
Kantor	0,75	0,67	0,60	0,88	1			
Rumah	-0,86	-0,78	-0,63	-0,95	-0,95	1		
PM2.5 Jakpus	-0,13	-0,09	-0,46	-0,20	-0,10	0,10	1	
PM2.5 Jaksel	-0,22	-0,18	-0,37	-0,23	-0,11	0,18	0,79	1

49,45 persen sejak PSBB dilaksanakan (www.suara.com, 2020). Konsentrasi polutan tertinggi pada bulan April 2020 terdapat di wilayah Jakarta Timur bagian selatan yang berbatasan dengan Depok. Polutan yang masih cukup tinggi ini dapat diakibatkan oleh perbedaan awal penetapan PSBB dimana Jakarta lebih dulu menerapkan PSBB dibandingkan wilayah Bekasi, Depok dan Bogor (Tempo.co, 2020).

Pada bulan Juni 2020, konsentrasi $PM_{2.5}$ meningkat seiring dengan diberlakukannya masa PSBB Transisi, dimana kegiatan perkantoran kembali dilaksanakan dengan kapasitas maksimum 50 persen pegawai. Transportasi umum juga mulai beroperasi serta tempat-tempat umum seperti tempat ibadah, restoran, dan beberapa tempat hiburan juga mulai dibuka dengan menerapkan protokol kesehatan (cuci tangan, jaga jarak dan memakai masker). Mobilitas penduduk pada bulan Juni juga mengalami peningkatan dari sebelumnya. Konsentrasi $PM_{2.5}$ mengalami peningkatan tertinggi di

wilayah Jakarta Barat, Jakarta Utara dan Jakarta Pusat ($40-45 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dimana wilayah tersebut merupakan kawasan perkantoran padat di Jakarta. Namun meningkatnya konsentrasi polutan pada bulan Juni 2020 yang melebihi konsentrasi polutan pada bulan Maret 2020 dapat diakibatkan oleh faktor lain seperti musim. Pada bulan Juni 2020, wilayah Jakarta sedang mengalami musim kemarau. Penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningtyas et al., (2018) menunjukkan bahwa di wilayah Jakarta, konsentrasi polutan berupa *Suspended Particulate Matter* (SPM) pada bulan kemarau April-September cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan bulan Oktober-Maret ketika musim hujan.

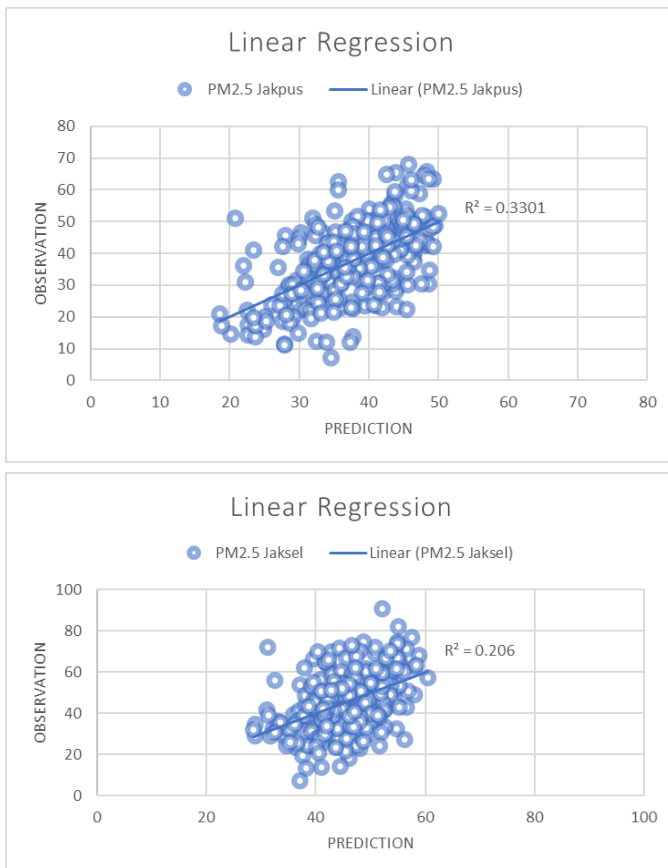
Pada bulan Oktober 2020, PSBB ketat kembali diberlakukan akibat jumlah konfirmasi kasus positif di wilayah Jakarta semakin tidak terkontrol. Perkantoran kembali ditutup sementara, rumah ibadah besar ditutup, tempat makan dan tempat rekreasi juga ditutup. Hal ini berdampak pada jumlah polutan yang kembali menurun sebagai akibat berkurangnya mobilitas penduduk di luar rumah yang dapat terlihat pada sebaran spasial konsentrasi $PM_{2.5}$ pada bulan Oktober 2020. Konsentrasi $PM_{2.5}$ secara umum berkisar antara $25-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sama seperti kondisi di awal pandemi bulan Maret 2020. Konsentrasi polutan tertinggi masih teramati di wilayah Jakarta Pusat ($25-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dan terendah berada di wilayah perbatasan Jakarta Selatan ($15-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh mobilitas penduduk terhadap peningkatan konsentrasi polutan di Jakarta. Secara umum, dinamika perubahan distribusi spasial konsentrasi polutan memiliki pola yang berkaitan dengan aktivitas mobilitas masyarakat dan pelaksanaan PSBB di Jakarta. Saat PSBB ketat berlangsung, aktivitas masyarakat di luar ruangan berkurang sehingga konsentrasi polutan menurun, dan saat PSBB mulai longgar maka konsentrasi polutan kembali meningkat akibat bertambahnya aktivitas masyarakat. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kualitas udara di wilayah Jakarta mengalami perbaikan saat periode libur Hari Raya Idul Fitri dikarenakan berkurangnya aktivitas masyarakat di luar ruangan akibat mayoritas penduduk Jakarta mudik selama hari raya (Kusumaningtyas et al., 2018).

Namun hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa mobilitas penduduk hanya berkontribusi sebesar 30 persen terhadap konsentrasi polutan di Jakarta. Ada faktor lain yang dapat memengaruhi fluktuasi konsentrasi polutan $PM_{2.5}$ di Jakarta. Faktor tersebut dapat berupa faktor fisik seperti suhu, kelembaban udara, angin dan curah hujan (Cheung et al., 2005). Konsentrasi $PM_{2.5}$ juga memiliki variasi musiman, dimana pada musim kemarau konsentrasi polutan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim hujan (Tsai, Lin, & Lee, 2003).

KESIMPULAN

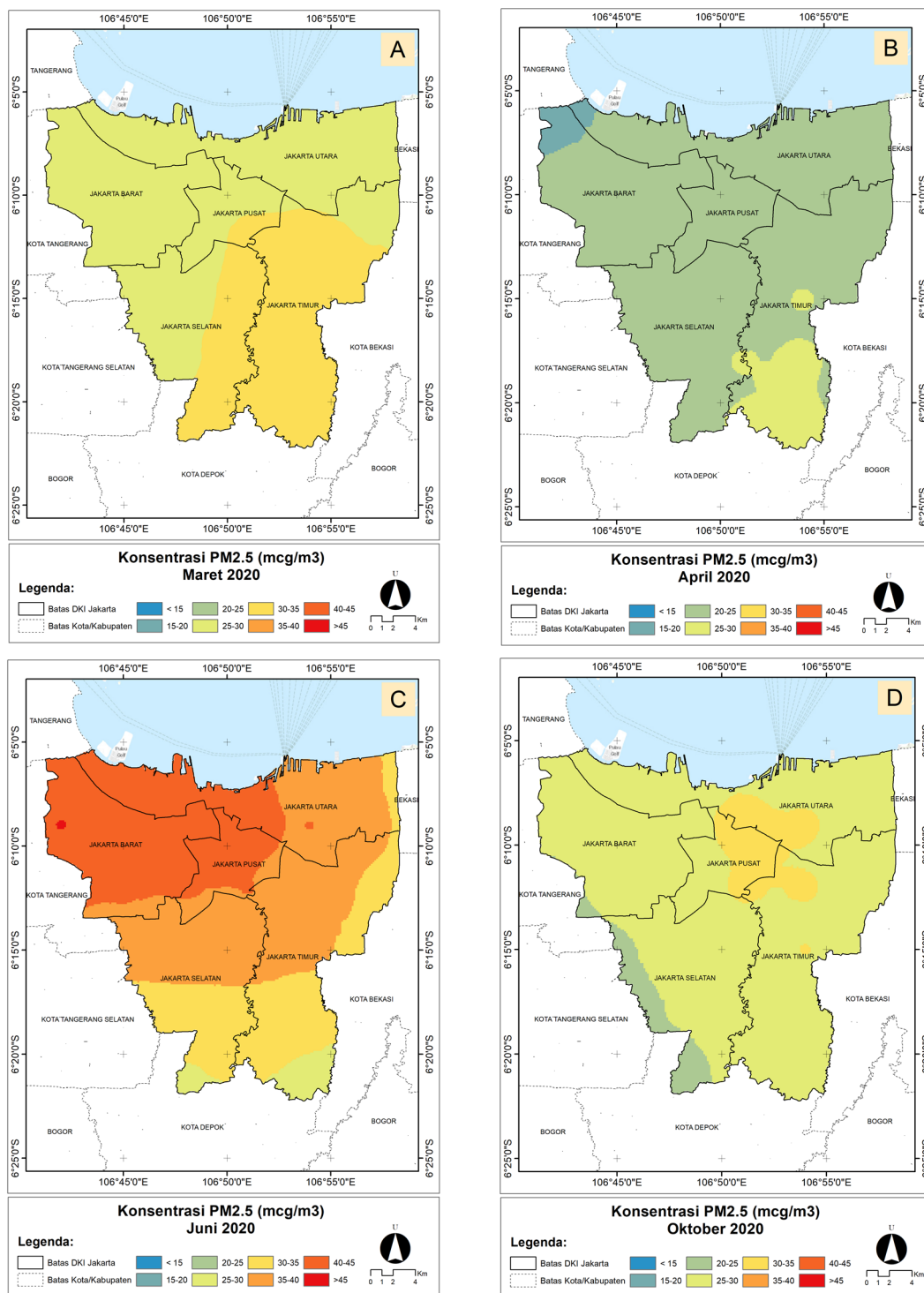
Hasil penelitian menunjukkan adanya perbaikan kualitas udara di wilayah Jakarta selama periode pembatasan sosial berskala besar (PSBB) yang dibuktikan dengan menurunnya konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai >100 persen dibandingkan tahun 2019. Secara visual, perbaikan kualitas udara juga dapat teramati dengan peningkatan jarak pandang mendatar sebesar 11 persen. Mobilitas penduduk akibat PSBB selama masa pandemi COVID-19 di Jakarta berkontribusi sebesar 30



Gambar 6. Diagram regresi linier $PM_{2.5}$ di Jakarta Pusat (Jakpus) dan Jakarta Selatan (Jaksel)

Tabel 3. Koefisien korelasi model terhadap data observasi $PM_{2.5}$

	PM2.5 Jakpus	PM2.5 Jaksel
FEB	0,56	0,64
MAR	0,45	0,49
APR	0,52	0,49
MEI	0,24	0,29
JUN	0,48	0,53
JUL	0,46	0,69
AGS	0,53	0,52
SEP	0,01	-0,03
OKT	0,53	0,29
NOV	0,76	0,80



Gambar 7. Peta distribusi spasial konsentrasi PM_{2.5} di Jakarta bulan (a) Maret, (b) April, (c) Juni dan (d) Oktober.

persen terhadap penurunan konsentrasi polutan di udara. Distribusi spasial konsentrasi polutan di Jakarta menunjukkan adanya konsentrasi PM_{2.5} di wilayah Jakarta yang berfluktuasi. Sebelum PSBB, pada bulan Maret 2020 konsentrasi polutan relatif tinggi di seluruh wilayah Jakarta dan menurun saat PSBB diberlakukan di bulan April 2020. Di Juni 2020 saat PSBB transisi berlangsung, konsentrasi PM_{2.5} kembali meningkat dan menurun saat PSBB diperketat di bulan Oktober 2020.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Mangapul P. Tambunan dan Dr. Rudy P. Tambunan selaku dosen pengampu kuliah lapang di departemen geografi fakultas

matematika dan ilmu pengetahuan alam, Universitas Indonesia. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Stasiun Meteorologi Cengkareng, Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusuma dan Sub Bidang Pencemaran Udara Badan BMKG yang telah membantu dalam menyediakan data kualitas udara. Penelitian ini juga didukung oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama mendesain metode penelitian, pengolahan data, analisis data, dan membuat naskah publikasi; Penulis Kedua dan Penulis Ketiga mendesain sistematika penulisan dan pembahasan; Penulis keempat membantu dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- A, Charisma (2020, 7 April). Indahnya Langit Biru Jakarta di Masa PSBB Corona. *Tempo.co*. Diakses tanggal 6 November 2020 dari <https://ramadan.tempco.com/foto/79583/indahnyalangitbirujakarta-di-masa-psbb-corona#>
- Cheung, H. C., Wang, T., Baumann, K., & Guo, H. (2005). Influence of regional pollution outflow on the concentrations of fine particulate matter and visibility in the coastal area of southern China. *Atmospheric Environment*, 39(34), 6463–6474. doi:10.1016/j.atmosenv.2005.07.033
- Dutheil, F., Baker, J. S., & Navel, V. (2020). COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environmental Pollution*, 263(April). doi:10.1016/j.envpol.2020.114466
- Han, Y., & Yang, H. (2020). The transmission and diagnosis of 2019 novel coronavirus infection disease (COVID-19): A Chinese perspective. *Journal of Medical Virology*, 92(6), 639–644. doi:10.1002/jmv.25749
- Hyslop, N. P. (2009). Impaired visibility: the air pollution people see. *Atmospheric Environment*, 43(1), 182–195. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.067
- Jiang, P., Fu, X., Fan, Y., Van, Klemeš, J. J., Chen, P., Ma, S., & Zhang, W. (2020). Spatial-temporal potential exposure risk analytics and urban sustainability impacts related to COVID-19 mitigation: A perspective from car mobility behaviour. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123673. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123673
- Kusumaningtyas, S. D. A., Aldrian, E., Wati, T., Atmoko, D., & Sunaryo. (2018). The recent state of ambient air quality in Jakarta. *Aerosol and Air Quality Research*, 18(9), 2343–2354. doi:10.4209/aaqr.2017.10.0391
- Le, V. V., Huynh, T. T., Ölçer, A., Hoang, A. T., Le, A. T., Nayak, S. K., & Pham, V. V. (2020). A remarkable review of the effect of lockdowns during COVID-19 pandemic on global PM emissions. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 00(00), 1–16. doi:10.1080/15567036.2020.1853854
- Lian, X., Huang, J., Huang, R., Liu, C., Wang, L., & Zhang, T. (2020). Impact of city lockdown on the air quality of COVID-19-hit of Wuhan city. *Science of The Total Environment*, 742, 140556. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140556
- Muhammad, S., Long, X., & Salman, M. (2020). COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of the Total Environment*, 728, 138820. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138820
- Muliane, U., & Lestari, P. (2011). Pemantauan Kualitas Udara Ambien Daerah Padat Lalu Lintas Dan Komersial Dki Jakarta: Analisis Konsentrasi Pm 2, 5 Dan Black Carbon Ambient Air Quality Monitoring At Traffic and Commercial Area in Jakarta: Analisis of Pm 2, 5 Concentration and Black Ca. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 17(2), 178–188.
- Raharjo, D. B., & Muflih, F. F. (2020, Mei 5). Masih Tinggi, Jumlah Kendaraan Masuk ke Jakarta Capai 707 Ribu per Hari. *Suara.com*. Diakses tanggal 31 Mei 2021 dari <https://www.suara.com/news/2020/05/05/203956/masih-tinggi-jumlah-kendaraan-masuk-ke-jakarta-capai-707-ribu-per-hari>
- Rahma, A. (2020, April 29). Wali Kota Depok Perpanjang Masa PSBB hingga 12 Mei 2020. *Tempo.co*. Diakses tanggal 31 Mei 2021 dari <https://metro.tempco.com/read/1336675/wali-kota-depok-perpanjang-masa-psbb-hingga-12-mei-2020/full&view=ok>
- Redaksi. (2020, Desember 16). Kabupaten Bekasi Dijuluki Kawasan Industri Terbesar di Asia Tenggara. *Bekasisociety.com*. Diakses tanggal 31 Mei 2021 dari <https://bekasisociety.com/2020/12/16/kabupaten-bekasi-dijuluki-kawasan-industri-terbesar-di-asia-tenggara/> diakses tanggal 31 Mei 2021.
- Rizi D, U. F., Suradi, Sunaryo, Agus, A., Ahmad, M., Kusumaningtyas, S. D. A., ... Prih W, N. F. (2019). Analisis Dampak Diterapkannya Kebijakan Working From Home Saat Pandemi Covid-19 Terhadap Kondisi Kualitas Udara Di Jakarta. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(3), 6–14. doi:10.36754/jmkg.v6i3.141
- Santoso, M., Lestiani, D. D., Damastuti, E., Kurniawati, S., Kusmartini, I., Dwi Atmodjo, D. P., ... Hopke, P. K. (2020). Long term characteristics of atmospheric particulate matter and compositions in Jakarta, Indonesia. *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2215–2225. doi:10.1016/j.apr.2020.09.006
- Shakil, M. H., Munim, Z. H., Tasnia, M., & Sarowar, S. (2020). COVID-19 and the environment: A critical review and research agenda. *Science of the Total Environment*, 745, 141022. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141022
- Tosepu, R., Gunawan, J., Effendy, D. S., Ahmad, L. O. A. I., Lestari, H., Bahar, H., & Asfian, P. (2020). Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 725. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138436
- Tsai, Y. I., Lin, Y. I. H., & Lee, S. Z. (2003). Metropolitan Area in Southern Taiwan. *Environmental Protection*, 19–40.
- World Meteorological Organization. (2014). Chapter 9. Measurement of Visibility. In *WMO GUIDE TO METEOROLOGICAL INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION WMO -No. 8* (pp. 291–306). Retrieved from http://stacks.iop.org/0022-3727/38/i=19/a=012?key=crossref.a9148d60a4a15e1a23ed321d2f7271a3%5Cnhttp://link.aip.org/link/APPLAB/v98/i16/p161501/s1&Agg=doi%5Cnhttp://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5753167%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/ret
- Yuan, C. S., Lee, C. G., Liu, S. H., Chang, J. cheng, Yuan, C., & Yang, H. Y. (2006). Correlation of atmospheric visibility with chemical composition of Kaohsiung aerosols. *Atmospheric Research*, 82(3–4), 663–679. doi:10.1016/j.atmosres.2006.02.027