

Trend Mobilitas Masyarakat Terhadap Polutan Pencemar Udara selama PSBB Pandemi Covid-19

Sylvia Febrina^{1,2}, Yohanna Magdalena Lidya Gultom^{3,4}

Abstract

The COVID-19 pandemic has impacted all sectors around the world. The policy of facilitating activities to prevent transmission of COVID-19 has had an impact on reducing human mobilization. This study aims to analyze community mobility during Large-Scale Social Restrictions (PSBB) related to air pollutant concentrations (SO₂, CO and NO₂) using the fixed effect panel data regression. It was found that community mobility during the PSBB had a significant impact on increasing these three pollutants. The average daily concentrations of CO and SO₂ air pollutants are still above WHO recommended limits. These findings indicate that despite the difficulties in carrying out community activities, there are mobility patterns that still result in high concentrations of these pollutants.

Keywords: mobility; air pollution; environment; psbb; COVID-19; pandemic.

Pendahuluan

Pandemi Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) telah memberikan dampak pada segala sektor di seluruh dunia baik ekonomi, sosial, budaya dan lingkungan. Kualitas udara merupakan salah satu indikator lingkungan yang berpotensi terkena dampak dari wabah COVID-19 (Zambrano-Monserrate, Ruano & Alcalde, 2020). Meningkatnya kualitas udara selama pandemi COVID-19 telah dilaporkan dalam beberapa penelitian dari berbagai wilayah dunia seperti Mesir (Mostafa, Gamal & Wafiq, 2020), Amerika Serikat, Italia,

Spanyol (Zambrano, 2020), India (Vadrevu, Eaturu, Biswas, Lasko, Sahu & Justice, 2020), China (Zeng & Bao, 2020). Kualitas udara sangat penting bagi kesehatan masyarakat, namun ada sekitar 90% populasi manusia di dunia tinggal di tempat dengan kualitas udara yang tercemar melebihi batas yang diizinkan (WHO, 2016). Polusi udara menjadi penyumbang angka kematian dini yang signifikan, yaitu sekitar sejumlah 7 juta orang setiap tahunnya (IQAir, 2020). Indonesia menjadi negara penyumbang angka kematian akibat polusi terbanyak di dunia yaitu sebanyak 232.974 dalam setahun (GAHP, 2019).

Bahkan di masa pandemi COVID-19 ini, telah banyak penelitian yang mengidentifikasi bahwa polusi udara dapat memperburuk kondisi medis serta meningkatkan kemungkinan kematian bagi yang terinfeksi COVID-19 (Son, Fong, Heo, Kim, Lim, & Bell, 2020; Nie dkk, 2021; Chossière, Xu, Dixit, Isaacs, Eastham, Allroggen, Speth & Barrett, 2021).

* Corresponding author : sylviafebrina@gmail.com;
yohanna.magdalena@ui.ac.id

1Magister Perencanaan Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Indonesia

2 Sekretariat Jenderal DPR RI, Indonesia

3 Department Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Indonesia, Indonesia

4 Kluster Riset Pemerintahan dan Ekonomi Kelembagaan, Indonesia

Misalnya polutan NO₂ dapat meningkatkan resiko kematian bagi yang terinfeksi COVID-19 karena permasalahan kardiovaskular dan pernapasan (Chossière dkk, 2021). Begitupun sebaliknya, ditemukan bahwa berkurangnya konsentrasi polutan NO₂ secara global selama periode lockdown menyebabkan sejumlah 32.000 kematian dini dapat dihindari, termasuk sejumlah 21.000 di China (Chossière dkk, 2021).

Pencemaran udara di beberapa wilayah dunia sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti mobilisasi kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar fosil dan lain-lain (WHO, 2021). Mobilisasi manusia dilaporkan berkurang akibat penerapan kebijakan lockdown selama pandemi COVID-19 (Bao dan Zhang, 2020; Mostafa dkk, 2020; Zeng & Bao, 2020). Kebijakan pembatasan tersebut menghasilkan peningkatan kualitas udara bahkan menghasilkan manfaat kesehatan manusia yang sejauh ini melebihi jumlah kematian yang dikonfirmasi akibat COVID-19 (Zeng & Bao, 2020). Penelitian terkait kebijakan PSBB yang diikuti dengan aturan “working from home” di Jakarta dilaporkan juga memberikan pengaruh positif terhadap kondisi kualitas udara (Firman dkk, 2020). Temuan tersebut menjelaskan bahwa berkurangnya aktivitas masyarakat telah memberikan dampak pada kualitas udara di Jakarta. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah mobilitas masyarakat berpengaruh terhadap kualitas udara selama adanya kebijakan PSBB di masa pandemi COVID-19? Bagaimana dampak mobilisasi masyarakat terhadap konsentrasi polutan udara selama kebijakan PSBB diberlakukan?

Satu bulan setelah diumumkannya kasus positif pertama COVID-19, jumlah kasus positif di Indonesia kian bertambah sehingga pemerintah daerah mulai mengambil kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Wilayah yang pertama kali menerapkan kebijakan tersebut adalah provinsi DKI Jakarta disusul Jawa Barat dan Jawa Timur. Kebijakan PSBB telah memberikan dampak domino terhadap masalah sosial ekonomi karena lebih dari separuh aktivitas di bidang ekonomi terhenti

(Mawar, Andriyani, Gultom & Ketiara, 2021) yang bahkan membawa Indonesia ke jurang resesi (APBN, 2021). Adanya perubahan dalam struktur ekonomi dan sosial suatu daerah tentunya memberikan dampak terhadap mobilitas manusia (Tjiptoherijanto, 2011). Dampak sosial dan ekonomi ini juga memaksa pemerintahan pusat dan daerah untuk melakukan koreksi terhadap rencana pembangunan yang telah ditetapkan (Muhyiddin, 2020). Oleh karena itu pertimbangan kesehatan terkait dampak polusi udara dan penanggulangannya perlu menjadi perhatian dalam rencana pembangunan. Langkah tertentu perlu diambil pemerintah terkait penanganan polusi udara agar tidak menyebabkan kerugian ekonomi yang lebih besar dalam jangka panjang.

Metode Penelitian

Untuk melihat dampak dari trend mobilitas masyarakat selama PSBB terhadap polutan udara, metode analisis yang dipilih adalah regresi data panel (pooled data) time fixed effect. Pemodelan time fixed effect digunakan untuk membersihkan dari faktor-faktor lain yang tidak teramati yang bergantung pada waktu agar konsisten karena waktu sehingga dapat mengilangkan bias variabel (Gösser & Moshgbar, 2020). Data set utama terdiri dari set data harian menuju enam kategori tempat dan set data harian polutan udara primer (SO₂, CO, NO₂). Sampel data adalah lima provinsi di Pulau Jawa dengan periode waktu dari 15 Februari sampai dengan 31 Desember 2020. Pulau Jawa merupakan wilayah episentrum fase awal pandemi COVID-19 di Indonesia sehingga kebijakan PSBB pada tahun 2020 hanya dilakukan di wilayah Pulau Jawa. Hal ini yang menjadi alasan penentuan wilayah analisis penelitian. Lima provinsi di Pulau Jawa yang menjadi wilayah penelitian adalah DKI Jakarta, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur dan Jawa Barat. Provinsi Banten tidak masuk dalam wilayah penelitian karena dalam kurun dimensi waktu, Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU) milik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) sedang dalam tahap pembangunan.

Data mobilitas masyarakat diperoleh dari Google COVID-19 Community Mobility Report atau Laporan Mobilitas Masyarakat dari Google selama pandemi COVID-19

(<https://www.google.com/covid19/mobility/>).

Laporan mobilitas masyarakat Google diambil dari data yang diagregasi dan dianonimkan dari riwayat lokasi pengguna. Serupa dengan data yang digunakan pada penelitian di Amerika Serikat yaitu data mobilitas diperoleh dari sinyal ponsel yang dianonimkan (Kim dan Kwan, 2020; Warren dan Skillman, 2020). Dataset ini menunjukkan trend pergerakan dibandingkan dengan hari dasar (baseline date) berdasarkan wilayah yang diukur dalam enam kategori besar tempat: 1) Permukiman; 2) Toko kelontong & Farmasi; 3) Tempat kerja; 4) Taman; 5) Pusat transportasi umum; dan 6) Ritel & Rekreasi. Tren pergerakan menunjukkan bagaimana pengunjung (atau waktu yang dihabiskan di) tempat-tempat yang dikategorikan berubah dibandingkan dengan hari-hari dasar (baseline date). Hari dasar mewakili nilai normal untuk hari itu dalam seminggu, yaitu nilai median dari hasil pengamatan selama 5 minggu (3 Januari sampai dengan 6 Februari 2020). Hari dasar berada pada angka 100, persentase dibawah 100 menunjukkan bahwa ada penurunan pergerakan masyarakat dan sebaliknya persentase diatas 100 menunjukkan peningkatan pergerakan masyarakat. Jenis data yang serupa telah digunakan dalam penelitian terdahulu di Mesir dan China (Mostafa dkk, 2020; Zeng & Bao, 2020).

Set data harian Polutan pencemar udara yang digunakan dalam model penelitian dibatasi pada polutan primer yaitu CO, SO₂ dan NO₂ karena polutan primer sebagian besar adalah karena aktivitas manusia seperti kendaraan dan industri (Somvanshi, Vashist, Chandra & Kaushik, 2019). Disamping set data utama, terdapat variabel dummy PSBB dan variabel kontrol kondisi cuaca. Konidi-

si cuaca menjadi variabel kontrol karena perubahan tingkat konsentrasi polutan sangat dipengaruhi oleh faktor cuaca (Zeng & Bao, 2020). Oleh karena itu dalam melihat pengaruh terhadap polutan udara, faktor cuaca perlu diperhitungkan sebagai kontrol dalam model matematis penelitian. Set data kondisi cuaca harian, terdiri dari suhu maksimum dan minimum, kecepatan angin maksimum, dan catatan curah hujan yang dikumpulkan dari situs website Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) (<https://dataonline.bmkg.go.id>).

Kebijakan PSBB sebagai variabel dummy untuk memahami bagaimana pembatasan mengaruhi kualitas udara di wilayah episentrum fase awal pandemi COVID-19 (Zeng & Bao, 2020). Informasi PSBB diperoleh dari situs web pemerintah daerah. Penelitian ini hanya menggunakan kebijakan PSBB ketat karena kebijakan pembatasan ketat lebih dapat memberikan gambaran dari aktivitas manusia yang hampir terhenti (Bao dan Zhang, 2020). Di Provinsi DKI Jakarta diberlakukan pada tanggal 10 April sampai dengan 4 Juni 2020 dan pada tanggal 9 September sampai dengan 11 Oktober 2020 (corona.jakarta.go.id, 2020). Provinsi Jawa Barat pada tanggal 15 April sampai dengan 26 Juni 2020 (jabarprov.go.id, 2020). Provinsi Jawa Timur pada tanggal 28 April sampai dengan 8 Juni 2020 (bpbdd.jatimprov.go.id, 2020). Provinsi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta tidak memberlakukan kebijakan PSBB sepanjang tahun 2020. Interaksi variabel trend mobilitas dengan PSBB dilakukan untuk menghindari faktor perancu penyebab penurunan tingkat polusi udara berasal dari aturan pemerintah lainnya terkait lingkungan atau kebijakan pembatasan (Zeng & Bao, 2020). Kemudian interaksi variabel trend mobilitas dengan variabel dummy PSBB dapat menangkap tren penurunan polusi udara yang disebabkan oleh kebijakan PSBB. Secara matematis model dituliskan pada persamaan sebagai berikut:

$$Pollutant_{it} = \beta_0 + \beta_1 mobility\ trend_{it} + \beta_2 PSBB_{it} + \beta_3 mobility\ trend_{it} \times PSBB_{it} + \Sigma Controls_{it} + \varepsilon_{it}$$

dimana **Polutan** adalah konsentrasi polutan udara, yang terdiri dari CO, SO₂ dan NO₂, **mobility_trend** adalah rata-rata persentase mobilitas masyarakat menuju lima kategori tempat, yaitu 1) Toko kelontong & Farmasi; 2) Tempat kerja; 3) Taman; 4) Pusat transportasi umum; dan 5) Ritel & Rekreasi. **PSBB** adalah dummy untuk periode PSBB, yaitu 1 adalah periode saat diterapkan PSBB ketat (bukan PSBB Transisi) dan 0 saat tidak ada PSBB ketat, **Controls** terdiri dari 1) suhu maksimum; 2) suhu minimum; 3) kecepatan angin maksimum; dan 4) curah hujan i untuk data cross section, dan t untuk data harian timeseries dan ϵ_{it} adalah istilah gangguan.

Ukuran kualitas udara diatur secara global oleh WHO berdasarkan pedoman kualitas udara atau Air Quality Guideline (AQG). Pada dasarnya konsentrasi polutan udara tidak memberikan dampak signifikan terhadap kesehatan manusia jika jumlah konsentrasi polutan masih berada dalam

batas-batas tertentu. Pedoman kualitas udara berbasis kesehatan yang dikeluarkan WHO bertujuan untuk membantu pemerintah dan masyarakat sipil mengurangi paparan polusi udara beserta efek buruknya pada manusia. Pada tahun 2021, WHO memperbaharui pedoman kualitas udara 2005 dengan urgensi banyaknya hasil studi penelitian epidemiologi yang memperlihatkan peningkatan dampak buruk polusi udara terhadap kesehatan terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Di Indonesia, pedoman kualitas udara diatur oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK) melalui Peraturan Menteri LHK Nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

Berdasarkan pedoman AQG oleh WHO, kadar polutan per 24 jam yang direkomendasikan dalam batas aman untuk Kesehatan adalah 25 µg/m³ untuk NO₂, 40 µg/m³ untuk SO₂, dan 4000 µg/m³

Tabel 1. Ringkasan Statistik

Variabel	Definisi dan Satuan Variabel	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Y: Variabel Dependen					
SO ₂	Konsentrasi SO ₂ (µg/m ³)	27.2	26.7	1	141
CO	Konsentrasi CO (mg/m ³)	7890.2	11197.2	15	75000
NO ₂	Konsentrasi NO ₂ (µg/m ³)	19.1	23.1	1	148
X: Variabel Independen					
Mobility trend	Hasil rata-rata mobilitas menuju 5 kategori tempat (%)	77.2	14.81	34.2	110.6
Mobility workplace	mobilitas menuju tempat kerja (%)	77.1	15.4	22	111
Mobility transit stations	mobilitas menuju pusat transportasi umum (%)	62.6	18.5	16	112
Mobility parks	mobilitas menuju taman (%)	74.6	25.4	4	159
Mobility grocery and pharmacy	mobilitas menuju toko kelontong dan apotek (%)	93.7	11.8	43	137
Mobility retail and recreation	mobilitas menuju toko retail, shopping mall & rekreasi (%)	78.2	15.4	32	110
Mobility residential	durasi waktu yang dihabiskan di tempat tinggal (%)	111.8	5.4	99	134
PSBB	1=PSBB, 0=Tidak PSBB	0.1	0.3	0	1
Variabel Kontrol					
Minimum temperature	Suhu harian minimum (°C)	23.7	2.2	16	28
Maxtem	Suhu harian maksimum (°C)	31.8	1.7	24.2	37
Maxwind	Kecepatan angin harian maksimum (km/h)	5.1	1.7	1	18
Rain	Curah hujan (mm)	6.7	17.4	0	277.5

untuk CO. Sedangkan berdasarkan ISPU yang dikeluarkan KLHK, Nilai Ambang Batas (NAB) yang direkomendasikan dalam batas aman adalah 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk NO₂, 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk SO₂, dan 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk CO. Sebagai perbandingan, Nilai Ambang Batas (NAB) konsentrasi polutan yang ditetapkan Indonesia belum disesuaikan kembali berdasarkan rekomendasi WHO terbaru sehingga angka NAB yang ditetapkan adalah lebih tinggi.

Hasil

Tabel 1 merangkum definisi dan satuan variabel, nilai rata-rata, standar deviasi serta nilai minimum dan maksimum. Persentase rata-rata mobilitas menuju toko kelontong dan apotek menunjukkan angka yang tinggi diantara kategori tempat lainnya. Meskipun bisnis pariwisata termasuk industri turunan yang terbentuk di bawahnya mengalami penurunan akibat pandemi COVID-19 (Sugihamretha, 2020), berdasarkan data yang disajikan, persentase rata-rata mobilitas menuju

toko retail, shopping mall dan rekreasi masih lebih tinggi daripada persentase rata-rata mobilitas menuju taman.

Pengaruh mobilitas masyarakat terhadap polutan udara disajikan dalam Tabel 2. Hasil olah data menunjukkan bahwa setiap kenaikan mobilitas masyarakat secara rata-rata menuju lima kategori tempat sebesar 1% dari baseline date signifikan meningkatkan polutan SO₂, CO dan NO₂ masing-masing sebesar 0,20 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 88,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 0,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mengkonfirmasi beberapa penelitian terdahulu bahwa kebijakan pembatasan berdampak pada berkurangnya polusi (Mostafa dkk, 2020; Zeng & Bao, 2020; Bao & Zhang, 2020), variabel kontrol PSBB signifikan mengurangi polutan SO₂, CO dan NO₂ masing-masing sebesar -18,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, -15382,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan -47,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Variabel mobilitas yang diinteraksikan dengan PSBB menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan ketiga polutan tersebut yaitu sebesar 0,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ SO₂, 251,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO dan 0,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO₂.

Tabel 2. Dampak mobilitas masyarakat (rata-rata) terhadap tingkat polutan udara

Variabel	(1)	(2)	(3)
	SO ₂	CO	NO ₂
Mobility trend	0.20** (0.05)	88.61*** (12.90)	0.086* (0.04)
PSBB (1=PSBB, 0=Tidak PSBB)	-18.50** (8.80)	-15382.18** (4260.44)	-47.66*** (8.13)
Mobility trend x PSBB	0.25* (0.13)	251.69**	0.79*** -64.400 (0.12)
Minimum temperature	-1.84*** (0.50)	181.89 (105.86)	-1.81*** (0.48)
Maximum temperature	2.00*** (0.41)	-239.81 (132.18)	0.54 (0.38)
Maximum wind	0.93*** (0.358)	13.03 (181.22)	0.05 (0.35)
Rain	-0.08*** (0.03)	16.28** (3.76)	-0.06** (0.02)
Obs		1,605	1,605
R ²	0.0084	0.0469	0.0101

Keterangan: Standard Error merupakan nilai di dalam kurung

Level signifikansi *p<0.1;**P<0.05;***P<0.01

Beralih pada variabel kontrol kondisi cuaca, hasil olah data menunjukkan bahwa setiap berkurangnya 1°C pada suhu minimum signifikan mengurangi konsentrasi polutan SO_2 , dan NO_2 namun tidak memberikan dampak terhadap polutan CO . Polutan SO_2 dan NO_2 sangat bereaksi dengan suhu panas dan radiasi matahari (WHO, 2021) sehingga suhu yang rendah akan mengurangi konsentrasi polutan tersebut. Sebaiknya setiap kenaikan 1°C pada suhu maksimum signifikan meningkatkan konsentrasi polutan SO_2 meskipun tidak ditemukan dampak pada polutan CO dan NO_2 . Kecepatan angin membantu mengurangi konsentrasi pencemar udara (Bao dan Zhang, 2020), setiap 1 km/h kecepatan angin meningkatkan konsentrasi polutan SO_2 sebesar $0,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ namun tidak ditemukan dampak pada polutan CO dan NO_2 . Selanjutnya hasil olah data menunjukkan bahwa setiap 1 mm curah hujan signifikan mengurangi konsentrasi polutan SO_2 dan NO_2 masing-masing sebesar $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ serta meningkatkan konsentrasi polutan CO sebesar $16,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Temuan ini mengkonfirmasi penjelasan bahwa SO_2 adalah gas yang mudah larut dalam air, NO_2 adalah oksidan kuat yang ketika bereaksi dengan air akan menghasilkan gas lain sedangkan CO hanya sedikit larut dalam air (WHO, 2021).

Selanjutnya, penulis melakukan robustness check atau uji ketahanan dan mengolah data dengan model yang sama menggunakan data set trend mobilitas menuju masing-masing kategori tempat untuk menguji konsistensi hasil. Hasil robustness check dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 dimana menunjukkan tanda yang tidak jauh berbeda dengan hasil utama. Dari keseluruhan pemeriksaan, dapat dilihat bahwa di urutan pertama mobilitas masyarakat menuju tempat kerja paling banyak memberikan dampak terhadap peningkatan polutan udara. Di urutan berikutnya adalah mobilitas masyarakat menuju stasiun transit kemudian mobilitas masyarakat menuju tempat ritel dan rekreasi. Temuan ini menunjukkan bahwa masih adanya keinginan yang tinggi dari masyarakat untuk melakukan perjalanan rekreasi. Begitupun

kebijakan PSBB pada model ini memberikan dampak paling banyak terhadap berkurangnya konsentrasi polutan.

Selanjutnya di urutan keempat mobilitas masyarakat menuju toko kelontong dan apotek. Meskipun deskripsi statistik menunjukkan rata-rata persentase mobilitas masyarakat menuju toko kelontong dan apotek adalah yang tertinggi pada tahun 2020, namun tidak banyak berdampak pada peningkatan konsentrasi polutan udara. Diasumsikan bahwa pergerakan masyarakat menuju kategori tempat ini tidak banyak menggunakan kendaraan transportasi. Masyarakat dapat bergerak menuju toko kelontong dan apotek terdekat dengan berjalan kaki. Diurutan terakhir adalah mobilitas masyarakat menuju taman berdampak pada peningkatan konsentrasi polutan udara yang sangat minimal.

Pembahasan

Beberapa hal yang menarik dapat dilihat dari analisis hasil ringkasan statistik. Tingginya angka persentase rata-rata mobilitas menuju toko kelontong dan apotek menunjukkan bahwa adanya pandemi COVID-19 hingga diberlakukannya kebijakan PSBB membawa fenomena yang baru di dalam hal keputusan konsumen untuk melakukan pembelian terhadap barang kebutuhan pokok yang sangat jauh berbeda dari sebelumnya (Hutauruk, 2020). Di awal pandemi, alat kesehatan menjadi salah satu kebutuhan utama masyarakat berbeda dengan keadaan sebelum adanya pandemi COVID-19. Temuan yang menarik lainnya adalah bahwa persentase rata-rata mobilitas menuju toko retail, shopping mall dan rekreasi masih tergolong lebih tinggi daripada persentase rata-rata mobilitas menuju taman. Padahal bisnis pariwisata dan industri turunannya mengalami penurunan akibat pandemi COVID-19 (Sugihamretha, 2020). Temuan ini menunjukkan bahwa adanya kebutuhan masyarakat akan hiburan dan rekreasi selama pandemi COVID-19.

Hasil oleh data yang menemukan bahwa mobilitas masyarakat berdampak signifikan terhadap

polutan udara primer yang diteliti mengkonfirmasi temuan penelitian terdahulu di China dan Mesir bahwa polutan CO, SO₂ dan NO₂ dimediasi oleh mobilitas masyarakat (Bao & Zhang, 2020; Zeng & Bao, 2020; Mostafa dkk, 2020). Kebijakan PSBB juga ditemukan signifikan mengurangi konsentrasi polutan primer yang diteliti sehingga temuan tersebut juga memperkuat hasil penelitian terdahulu bahwa kebijakan pembatasan berdampak pada berkurangnya polusi (Mostafa dkk, 2020; Zeng & Bao, 2020; Bao & Zhang, 2020). Kemudian adanya temuan terkait berkurangnya tingkat polutan udara yang merupakan dampak dari variabel mobilitas masyarakat yang diinteraksikan dengan kebijakan PSBB juga menguatkan pernyataan bahwa pengurangan mobilitas manusia dikaitkan dengan larangan perjalanan memungkinkan pengurangan emisi polutan udara (Bao dan Zhang, 2020; Zeng & Bao, 2020).

Hasil empiris ini juga memperkuat asumsi dari temuan dari ringkasan statistik, dimana persentase mobilitas masyarakat menuju tempat kerja sebesar 77,14% lebih tinggi dari persentase mobilitas masyarakat menuju pusat transportasi umum yaitu sebesar 62,61%. Artinya kebijakan PSBB yang diterapkan sepanjang tahun 2020 juga berdampak meningkatnya penggunaan transportasi pribadi. Diasumsikan bahwa ada hubungan antara penggunaan transportasi publik dengan transmisi COVID-19 (Wahdaniah dan Fauzi, 2022). Oleh karena itu minat masyarakat menggunakan transportasi umum berkurang dan beralih pada untuk menghindari adanya kontak dengan penumpang lain dan mengurangi resiko terpapar COVID-19.

Selanjutnya hasil uji ketahanan juga menunjukkan tanda yang tidak jauh berbeda dengan hasil temuan utama. Olah data uji ketahanan menunjukkan bahwa mobilitas masyarakat menuju tempat kerja merupakan yang paling memberikan dampak signifikan pada peningkatan polutan udara disusul dengan mobilitas masyarakat menuju stasiun transit. Temuan ini merupakan hal yang menjadi perhatian pemerintah bahwa dengan atau tidak adanya pandemi, mobilisasi kendaraan bermotor meru-

pakan penyebab pencemaran udara di beberapa wilayah dunia. (WHO, 2021; Somvanshi, Vashist, Chandra & Kaushik, 2019).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil olah data dan analisis, penelitian ini menemukan bahwa secara keseluruhan mobilitas masyarakat selama kebijakan PSBB menuju pusat transportasi umum, tempat kerja, taman, toko bahan makanan dan apotek serta pusat perbelanjaan dan rekreasi signifikan berdampak kepada polutan udara CO, SO₂ dan NO₂. Meskipun begitu, hasil olah data juga menunjukkan bahwa kebijakan PSBB itu sendiri secara konsisten signifikan mengurangi polutan CO, SO₂ dan NO₂. Temuan lainnya yang juga perlu menjadi perhatian adalah adanya kecenderungan peningkatan mobilisasi masyarakat dengan menggunakan transportasi pribadi daripada transportasi umum selama tahun 2020 untuk menghindari penularan COVID-19.

Daftar Pustaka

- Bao, R & Zhang, Acheng. (2020). Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China. *Science of The Total Environment*, Volume 731. 139052. ISSN 0048-9697. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139052.
- BMKG. Informasi Kualitas Udara. Diakses dari <https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-ozon.bmkg>.
- Chen, dkk. (2017). Impacts of air pollution and its spatial spillover effect on public health based on China's big data sample, *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, Part 2, Pages 915-925, ISSN 0959-6526 doi: 10.1016/j.jclepro.2016.02.119
- Chossière, dkk. (2021). Air pollution impacts of COVID-19-related containment measures. *Science advances*, 7(21), eabe1178. doi: 10.1126/sciadv.abe1178
- Cresswell, T. (2006). *On the Move: Mobility in the Modern Western World* (1st ed.). Routledge. doi: 10.4324/9780203446713

- Elliott, A., & Urry, J. (2010). *Mobile Lives* (1st ed.). Routledge. doi: 10.4324/9780203887042
- Firman dkk. (2020). Analisis Dampak Diterapkannya Kebijakan Working From Home saat Pandemi Covid-19 Terhadap Kondisi Kualitas Udara di Jakarta. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, Vol. 6 No.3, DOI: 10.36754/jmkg.v6i3.
- GAHP. (2019). *Pollution and Health Metrics*. New York. Global Alliance On Health And Pollution.
- Gösser, Niklas & Moshgbar, Nima (2020). Smoothing time fixed effects. DICE Discussion Paper No. 343. Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf Institute for Competition Economics (DICE), Düsseldorf. <http://hdl.handle.net/10419/222263>
- Hutauruk, Martinus Robert. (2020). Pengaruh Pandemi Covid-19 Terhadap Faktor Yang Menentukan Perilaku Konsumen Untuk Membeli Barang Kebutuhan Pokok di Samarinda. *Jurnal Riset Inossa*, Volume 2 Nomor 1 Tahun 2020. Fakultas Ekonomi Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda.
- IQAir. (2021). Biaya pencemaran udara pada tahun 2020. Swiss. IQAir. Diakses dari <https://www.iqair.com/id/blog/air-quality/the-cost-of-air-pollution-in-2020>, pada 30 Agustus 2021
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2021). Nota Keuangan beserta Rancangan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan Tahun 2020. Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara
- Kim, Junghwan & Kwan, Mei-Po. (2021). The impact of the COVID-19 pandemic on people's mobility: A longitudinal study of the U.S. from March to September of 2020. *Journal of Transport Geography*. Volume 93, 2021. 103039. ISSN 0966-6923. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103039>.
- Kusumaputra, A., & Retnowati, E. (2020). Analisis Yuridis Dasar Pertimbangan Kebijakan Lock-down Pada Situasi Darurat Kesehatan Di Tingkat Daerah. *Masalah-Masalah Hukum*, vol. 49 No.3, hal 222-232. doi:10.14710/mmh.49.3.2020.222-232
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. (2020). Linimasa Kebijakan Pemprov DKI Jakarta Terkait Penanganan COVID-19. Diakses dari <https://corona.jakarta.go.id/id/kebijakan>, pada 31 Mei 2021
- Pemerintah Provinsi Jawa Barat. (2020, 17 April). PSBB di Bandung Raya Dimulai Rabu 22 April 2020. Diakses dari <https://jabarprov.go.id/index.php/news/37456/2020/04/17/PSBB-di-Bandung-Raya-Dimulai-Rabu-22-April-2020> pada 31 Mei 2021
- Prijono Tjiptoherijanto. (2011). *Mobilitas Sebagai Tantangan Kependudukan Masa Depan*. Kosa Kata Kita Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- Mawar, dkk. (2021). Dampak Sosial Ekonomi Kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ 24 Oktober 2021*, Jakarta, Universitas Muhammadiyah Jakarta, hal.1-12. Diakses dari <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit/article/view/10623/0>
- Mostafa, dkk. (2021). The impact of COVID 19 on air pollution levels and other environmental indicators - A case study of Egypt. *Journal of environmental management*, 277, 111496. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111496>
- Muhyiddin, M. (2020). Covid-19, New Normal, dan Perencanaan Pembangunan di Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 4(2), 240-252. <https://doi.org/10.36574/jpp.v4i2.118>
- Năstase, dkk. (2018). Air quality, primary air pollutants and ambient concentrations inventory for Romania. *Atmospheric Environment*, vol 184. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.034.
- Nie, dkk. (2021). Changes of air quality and its associated health and economic burden in 31 provincial capital cities in China during COVID-19 pandemic. *Atmospheric research*, vol 249, 105328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105328>
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2021). Nota Keuangan beserta APBN Tahun Anggaran 2021.

- Somvanshi, dkk. (2019). Delhi Air Pollution Modeling Using Remote Sensing Technique. In: Hussain C. (eds). Handbook of Environmental Materials Management. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_174-1
- Son, dkk. (2020). Reductions in mortality resulting from reduced air pollution levels due to COVID-19 mitigation measures. *The Science of the total environment*, 744, 141012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141012>
- Srivastava R. (2020). Growing Precarity, Circular Migration, and the Lockdown in India. *The Indian journal of labour economics : the quarterly journal of the Indian Society of Labour Economics*, 1–8. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41027-020-00260-3>
- Sugihamretha, I. D. G. (2020). Respon Kebijakan: Mitigasi Dampak Wabah Covid-19 Pada Sektor Pariwisata. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, vol. 4 (2), hal. 191-206. doi: <https://doi.org/10.36574/jpp.v4i2.113>
- Vadrevu, dkk. (2020). Spatial and temporal variations of air pollution over 41 cities of India during the COVID-19 lockdown period. *Scientific reports*, 10 (1), 16574. DOI: [10.1038/s41598-020-72271-5](https://doi.org/10.1038/s41598-020-72271-5).
- Wahdaniah, A., & Fauzi, L. (2022). Transmisi COVID-19 pada Pegawai Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta Tahun 2021. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 6(3), 375-385. <https://doi.org/10.15294/higeia.v6i3.56228>
- Warren, M. S., & Skillman, S. W. (2020). Mobility changes in response to COVID-19. arXiv preprint arXiv:2003.14228.
- WHO. (2005). Air Quality Guideline global update
- WHO. (2016). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 9789241511252
- WHO. (2021). Air Quality Guideline global update
- Zambrano-Monserrate, dkk. (2020). Indirect effects of COVID-19 on the environment. *The Science of the total environment*, 728, 138813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138813>
- Zeng, Jingjing & Bao, Rui. (2020). The impacts of human migration and city lockdowns on specific air pollutants during the COVID-19 outbreak: A spatial perspective. *Journal of Environmental Management*. 282. 111907. DOI: [10.1016/j.jenvman.2020.111907](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111907).