

# JURNAL PROMOTIF PREVENTIF

## Korelasi Polusi Udara dengan *Insiden Pneumonia* Balita di DKI Jakarta pada Tahun 2017-2020

### *The Correlation between Air Pollution and the Incidence of Pneumonia Toddlers in DKI Jakarta at 2017-2020*

Gilang Anugerah Munggaran<sup>1</sup>, Haryoto Kusnoputranto<sup>2</sup>, Januar Ariyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Public Health, Universitas Muhammadiyah Jakarta

<sup>2</sup>Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

#### Article Info

##### Article History

Received: 19 Des 2023

Revised: 03 Feb 2024

Accepted: 12 Feb 2024

#### ABSTRACT / ABSTRAK

*Air pollution in Jakarta increases every year and even contributes greatly to the incidence of pneumonia toddlers. The cases in Jakarta in 2018 reached 42,305 with a discovery coverage of 95.53% of cases. The research objective is to understand the correlation between ambient air pollution with the incidence of pneumonia toddlers from 2017 to 2020 in Jakarta. The research method is uses time-trend ecological study analysis. Air Pollution Standard Index data is collected by calculating monthly averages and pneumonia data based on monthly data on the incidence of pneumonia toddlers. Correlation test results, PM10, O3 and CO were significantly related ( $p= 0.000$ ), ( $p= 0.033$ ) and ( $p= 0.000$ ) with the incidence of toddler pneumonia. Meanwhile, SO2 and NO2 are not related to the incidence of pneumonia under five in Jakarta Province in 2017-2020 ( $p= 0.979$ ) and ( $p= 0.674$ ). As conclusion, PM10, O3 and CO are related to the incidence of pneumonia in toddlers. Meanwhile SO2 and NO2 are not related to the incidence of toddler pneumonia in Jakarta in 2017-2020. These findings support the premise that further limiting PM10 and CO concentrations in Jakarta is an effective strategy to reduce the incidence of under-five pneumonia.*

**Keywords:** Air pollution standard index, toddler pneumonia, Jakarta

Polusi udara di Jakarta meningkat setiap tahun bahkan berkontribusi besar terhadap kejadian pneumonia balita. Kasus pneumonia balita di Jakarta 2018 mencapai 42.305 dengan cakupan penemuan 95,53% kasus. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui korelasi pencemaran udara ambien dengan kejadian pneumonia balita pada tahun 2017 sampai 2020 di Jakarta. Metode penelitian ini menggunakan analisis *time-trend ecologic study*. Data Indeks Standar Pencemaran Udara dikumpulkan dengan cara menghitung rata-rata bulanan dan data pneumonia berdasarkan data bulanan insidens pneumonia balita. Hasil uji korelasi, PM10, O3 dan CO berhubungan signifikan ( $p= 0,000$ ), ( $p= 0,033$ ) dan ( $p= 0,000$ ) dengan insidens pneumonia balita. Sementara SO2 dan NO2 tidak berhubungan dengan insidens pneumonia balita di Jakarta tahun 2017-2020 ( $p= 0,979$ ) dan ( $p=0,674$ ). Kesimpulannya PM10, O3 dan CO berhubungan dengan insidens pneumonia balita. Sementara SO2 dan NO2 tidak berhubungan dengan insidens pneumonia balita di Jakarta tahun 2017-2020. Temuan ini mendukung alasan bahwa membatasi konsentrasi PM10 dan CO lebih lanjut di Jakarta merupakan strategi yang efektif untuk mengurangi insidens pneumonia balita.

**Kata kunci:** Indeks Standar Pencemaran Udara, Pneumonia Balita, Jakarta

#### Corresponding Author:

Name : Gilang Anugerah Munggaran

Affiliate : Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Address : Jl. KH. Ahmad Dahlan, Kecamatan Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Prov. Banten 15419

Email : gilang.anugerahm@umj.ac.id

## PENDAHULUAN

Polusi udara ambien masih menjadi salah satu pembunuh terbesar di dunia. Terdapat 4,2 juta kematian dini akibat dari polusi udara ambien (WHO 2018a). Pada tahun 2012 diperkirakan terdapat 3 juta kematian yang diakibatkan oleh polusi udara ambien (WHO 2016). Ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan angka kematian akibat polusi udara ambien. Sebesar 87% kematian terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah, dimana jumlah negara berpenghasilan rendah dan menengah mewakili 82% dari jumlah populasi di seluruh dunia (WHO 2016). Sedangkan di ASEAN sendiri diperkirakan terdapat 799.000 kematian akibat polusi udara ambien (WHO 2016).

Salah satu sumber polusi udara adalah alat transportasi yang bersumber dari pembakaran bahan bakar fosil (WHO 2003). Peningkatan penggunaan transportasi dan konsumsi energi akan meningkatkan pencemaran udara yang akan berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan (Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia 2018). Indonesia sendiri terdapat beberapa komponen polutan yang harus dijaga ambang batasnya untuk mengurangi dampak lingkungan dan kesehatan, yaitu PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, dan NO<sub>2</sub> (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan 1997).

Provinsi DKI Jakarta paling berpotensi terkena dampak kesehatan dari polusi udara, berdasarkan hasil pemantauan melalui lima Stasiun Pemantau Kualitas Udara (SPKU), diketahui bahwa konsentrasi rata-rata tahunan PM<sub>2.5</sub> DKI Jakarta telah melampaui Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) yaitu di atas 15 µg/m<sup>3</sup> dan terdapat hari "Tidak Sehat" sebesar 51% (ISPU 2018) dan 48% (ISPU 2019). Di sektor transportasi, provinsi DKI Jakarta memiliki jumlah kendaraan bermotor yang sangat tinggi. Hingga akhir tahun 2016, jumlah kendaraan bermotor yang terdaftar di Jakarta mencapai 18.006.404 unit dengan kenaikan jumlah kendaraan bermotor di Jakarta dalam 4 tahun terakhir (2012-2016) sebesar 23,18% (Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta 2010a).

Balita menjadi salah satu kelompok terbesar yang terdampak polusi udara ambien (Kusnoputranto 2000). Pada tahun 2016 diperkirakan terdapat 261.000 kematian pada balita yang diakibatkan oleh Pneumonia akibat dari polusi udara ambien (WHO 2018a). Pneumonia pada balita masih menjadi salah satu penyebab kematian terbesar di seluruh dunia. Di tahun 2018 angka kematian pada balita mencapai 5,3 juta kematian di seluruh dunia, dimana 15% dari angka kematian disebabkan oleh pneumonia atau sekitar 795.000 kematian (UNICEF 2019). Jumlah kasus pneumonia pada balita di DKI Jakarta tahun 2018 mencapai 42.305 kasus dengan cakupan penemuan kasus sebesar 95,53% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2019).

Penelitian ini dilakukan guna memprediksi pola pencemaran udara dan jumlah kasus pneumonia balita yang bahasannya dikaitkan dengan situasi pada sebelum dan saat pandemi dimana saat Pandemi Covid-19 (*Coronavirus Disease 2019*), ditambah Pemerintah Provinsi DKI Jakarta telah banyak mengeluarkan kebijakan pencegahan dan penanggulangan Covid-19 (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta 2021). Tentu hal ini akan menambah khazanah gagasan pembaharuan dalam mencermati hubungan yang erat antara polusi udara dan kejadian Covid-19 dikaitkan dengan kasus pneumonia balita. Rentetan kondisi tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi Pemerintah Jakarta serta seluruh *stakeholder* untuk memperbaiki kualitas udara Jakarta. Uraian data dan fakta di atas menunjukkan bahwa Jakarta masih mengalami pencemaran udara yang besar serta kasus pneumonia balita yang masih tinggi. Oleh sebab itu,

penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis korelasi antara polusi udara ambien terhadap jumlah kasus pneumonia balita di Jakarta pada 2017 hingga 2020.

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah studi ekologi menggunakan analisis *time-trend ecologic study* dan analisis derajat keeratan hubungan menggunakan uji korelasi *pearson* (parametrik) dan *spearman* (non parametrik). Penelitian ini memiliki dua variable yaitu variabel independen (pencemaran udara ambien) dan variabel dependen (insidens pneumonia). Data Insidens pneumonia diperoleh dari Dinas Kesehatan DKI Jakarta mulai tahun 2017 sampai dengan 2020. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data insidens pneumonia yang bersumber dari pelaporan insidens oleh Rumah Sakit di Jakarta.

Data pencemaran udara yang berupa data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta yang dilaporkan ke dalam bentuk tabel monitoring. Data ini dapat diakses secara terbuka melalui website <https://data.jakarta.go.id/>. Analisis univariat dilakukan dengan cara menggambarkan variabel secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk table dan grafik. Sedangkan analisis bivariat dilakukan dengan melakukan uji korelasi *pearson* (parametrik) dan *spearman* (non parametrik), dimana hasilnya akan disajikan dalam bentuk tabel. Penelitian ini sudah Lolos Kaji Etik dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia dengan Nomor Surat: Ket-120/UN2.F10.D11/PPM.00.02/2021 pada tanggal 13 April 2021.

## HASIL

Menurut Undang-Undang Nomor 29 tahun 2007 tentang Pemerintahan Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta sebagai Ibukota Negara Kesatuan Republik Indonesia bahwa Provinsi DKI Jakarta adalah daerah khusus yang berfungsi sebagai Ibukota Negara Kesatuan Republik Indonesia dan sekaligus sebagai daerah otonom pada tingkat provinsi. Selain sebagai ibukota negara, Provinsi DKI Jakarta mempunyai peran yang penting dan multifungsi dalam lintas sector kesehatan, riset dan pendidikan, perekonomian dan jasa keuangan, pariwisata, hubungan macanegara, pariwisata hingga industial lintas sektor (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2018).

Pada tahun 2019, Provinsi DKI Jakarta memiliki fasilitas kesehatan diantaranya 143 rumah sakit umum, 47 rumah sakit khusus, 76 rumah sakit bersalin, 1.537 klinik/ balai kesehatan, 315 puskesmas, 4.470 posyandu dan 238 apotek. Sementara Kabupaten/ Kota di Provinsi DKI Jakarta yang memiliki fasilitas kesehatan terbanyak diantaranya 36 rumah sakit, 27 rumah sakit bersalin, 65 puskesmas, 1.263 posyandu dan 61 apotek di Kota Jakarta Selatan, selanjutnya terdapat 15 rumah sakit khusus, 84 puskesmas, dan 61 apotek di Kota Jakarta Timur. Sementara klinik/ balai kesehatan terbanyak terdapat di Kota Jakarta Timur sebanyak 439 klinik/ balai kesehatan (Badan Pusat statistik DKI Jakarta, 2019). Adapun persentase penduduk yang memiliki jaminan kesehatan di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2019 diantaranya 50,95% BPJS Kesehatan Penerima Bantuan Iuran (PBI), 31,63% BPJS Non-PBI, 0,48% Jamkesda, 3,12 Asuransi Swasta dan 4,47% asuransi kantor/ perusahaan (Badan Pusat statistik DKI Jakarta, 2019).

Jumlah kendaraan bermotor di Provinsi DKI Jakarta terus mengalami peningkatan selama tahun 2017 sampai 2019 di Provinsi DKI Jakarta. Pada tahun 2019, jumlah motor

mencapai 8.194.590 unit dan mobil penumpang roda empat mencapai 2.805.989 unit. Dapat dikatakan dalam persentase bahwa sebanyak 69,21% motor dan 23,70% mobil penumpang roda empat terdapat di Provinsi DKI Jakarta tahun 2019 (Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2010).

Pneumonia adalah sakit yang terbentuk dari infeksi akut di saluran pernafasan bagian bawah yang secara spesifik mempengaruhi paru-paru (World Health Organization; The United Nations Children's Fund (UNICEF) 2009). Sebelum mengetahui hubungan polusi udara dengan kejadian pneumonia balita, maka perlu diketahui tabel transkrip perbandingan kejadian pneumonia balita di Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Barat, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, dan Provinsi DKI Jakarta tahun 2017 sampai tahun 2020.

**Tabel 1.** Gambaran Kejadian Pneumonia Balita di Provinsi DKI Jakarta Tahun 2017-2020

	Jakarta Pusat	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	DKI Jakarta
Rata- rata	24,48	65,67	64,79	27,23	76,13	258,67
Minimal	3	18	14	2	13	68
Maksimal	95	213	191	78	215	760

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui rata-rata kejadian pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta adalah 258,67 kasus. Sedangkan nilai minimal dan maksimal kejadian pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta berkisar 68 sampai 760 kasus.

Analisis univariat pada penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan distribusi frekuensi masing-masing variabel dependen dan variabel independen, yaitu insidens pneumonia balita dan pencemaran udara (PM10, SO2, CO, O3, dan NO2) di Provinsi DKI Jakarta tahun 2017 sampai tahun 2020.

**Tabel 2.** Gambaran Angka Parameter PM10, SO2, NO2, O3 dan CO Provinsi DKI Jakarta tahun 2017-2020

	PM10	SO2	NO2	O3	CO
Rata- rata	52,19	21,58	10,32	68,52	18,26
Minimal	27,59	13,57	6,00	32,34	7,36
Maksimal	69,06	58,53	40,41	99,04	39,96

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui rata-rata parameter PM10 di Provinsi DKI Jakarta adalah 52,19. Sedangkan nilai minimal dan maksimal parameter PM10 di Provinsi DKI Jakarta berkisar 27,59 sampai 69,06. SO2 menjadi salah satu parameter pencemaran udara ambien yang penting untuk dipantau setiap hari melalui SPKU. Berdasarkan tabel diatas diatas, dapat diketahui rata-rata parameter SO2 di Provinsi DKI Jakarta adalah 21,58. Sedangkan nilai minimal dan maksimal parameter SO2 di Provinsi DKI Jakarta berkisar 13,57 sampai 58,53.

Hasil pengukuran NO2 harian akan diakumulasi ke dalam bulanan ataupun tahunan secara otomatis di SPKU Provinsi DKI Jakarta. Rata-rata parameter NO2 di Provinsi DKI Jakarta adalah 10,32. Sedangkan nilai minimal dan maksimal parameter NO2 di Provinsi DKI Jakarta berkisar 6 sampai 40,41. Rata-rata parameter O3 di Provinsi DKI Jakarta adalah 68,51. Sedangkan nilai minimal dan maksimal parameter O3 di Provinsi DKI Jakarta berkisar 32,34

sampai 99,04. Adapun rata-rata parameter CO di Provinsi DKI Jakarta adalah 18,26. Sedangkan nilai minimal dan maksimal parameter CO di Provinsi DKI Jakarta berkisar 7,36 sampai 39,96.

Hasil analisis hubungan pencemaran udara dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta 2017 – 2020 dapat diketahui sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hubungan PM10, SO2, NO2, O3 dan CO dengan Pneumonia Balita di Provinsi DKI Jakarta 2017 – 2020

<b>Uji Spearman (CI 95%)</b>					
	<b>PM10</b>	<b>SO2</b>	<b>NO2</b>	<b>O3</b>	<b>CO</b>
<i>r</i>	0,874	0,004	-0,062	0,533	0,795
<i>P</i> value	0,000	0,979	0,674	0,033	0,000

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui hubungan partikulat metter (PM10) dengan pneumonia balita menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat dan berpola positif. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara partikulat metter (PM10) dengan pneumonia balita di DKI Jakarta ( $p = 0,000$ ). Hubungan Sulfur Dioksida (SO2) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta menunjukkan kekuatan hubungan yang lemah dan berpola positif. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara Sulfur Dioksida (SO2) dengan pneumonia balita di Jakarta ( $p = 0,979$ ).

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui hubungan Nitrogen Dioksida (NO2) dengan pneumonia balita menunjukkan kekuatan hubungan yang lemah dan berpola negatif. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara Nitrogen Dioksida (NO2) dengan pneumonia balita di Jakarta ( $p = 0,674$ ). Hubungan Ozon (O3) dengan pneumonia balita menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat dan berpola positif. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan antara Ozon (O3) dengan pneumonia balita di Jakarta ( $p = 0,033$ ). Tabel diatas menunjukan hubungan Karbon Monoksida (CO) dengan pneumonia balita menunjukkan kekuatan hubungan yang kuat dan berpola positif, artinya semakin bertambah CO maka semakin meningkat kejadian pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara Karbon Monoksida (CO) dengan pneumonia balita di Jakarta ( $p = 0,000$ ).

## PEMBAHASAN

Pneumonia adalah suatu mekanisme inflamasi yang mengenai parenkim paru ditandai dengan adanya gejala batuk, sesak napas, demam, dan hasil foto rontgen thoraks (Cilloniz et al. 2016). Pneumonia masih menjadi masalah kesehatan yang utama di Provinsi DKI Jakarta. Balita di Provinsi DKI Jakarta lebih rentan terserang penyakit pneumonia karena beberapa alasan terkait metabolisme dan pertumbuhan balita. Balita memiliki laju metabolisme dan laju konsumsi oksigen yang lebih tinggi per berat badan dibandingkan orang dewasa karena memiliki luas permukaan tubuh per berat badan yang lebih besar dan dalam kondisi tumbuh kembang yang cepat. Balita dapat menghirup lebih banyak pencemar per kilogram berat badan dibandingkan orang dewasa. Balita memiliki sistem pernafasan yang lebih kecil/sempit, sehingga lebih mudah terjadi iritasi dalam saluran pernafasan (Erdman et al. 2015).

Salah satu parameter pencemaran udara ambien adalah Partikulat Metter (PM10). Rata-rata parameter PM10 di Provinsi DKI Jakarta selama tahun 2017 sampai tahun 2019 adalah

52,19 yang artinya Indeks Standar Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta berkategori 'Sedang (Biru)' pada parameter PM10. Mulai tanggal 5 Juni 2020, Pemprov DKI Jakarta memberlakukan PSBB Transisi karena kasus COVID-19 di DKI Jakarta mulai menurun. Pada bulan diberlakukannya PSBB (Maret – April – Mei), terlihat penurunan jumlah kendaraan bermotor di Ibukota, sehingga terlihat juga penurunan parameter pencemaran udara, khususnya parameter PM10 (Firman; et al. 2020). Dampak diterapkannya kebijakan *working from home* berkenaan pandemi COVID-19 terhadap kondisi kualitas udara di Jakarta terlihat secara kualitatif yang mana data timeseries bulan Maret 2020 menunjukkan penurunan tingkat konsentrasi PM10 dan PM2.5 jika dibandingkan dengan bulan Maret pada tahun sebelumnya (Firman; et al. 2020).

SO<sub>2</sub> merupakan zat beracun paling umum yang terdapat di kota kota besar seperti DKI Jakarta dan merupakan bahan pencemar yang sangat kuat hubungannya dengan penyakit pernafasan (Miller & Spoolman, 2009). Rata-rata parameter SO<sub>2</sub> di Provinsi DKI Jakarta selama tahun 2017 sampai tahun 2019 adalah 21,58 yang artinya Indeks Standar Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta berkategori 'Baik (Hijau)' pada parameter SO<sub>2</sub>. Melalui Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 551/2001, DKI Jakarta mempunyai standar kualitas udara sendiri. Standar tersebut lebih ketat dari standar kualitas udara ambien nasional di Indonesia untuk semua polutan udara kecuali particulate matter. Secara keseluruhan, standar kualitas udara, baik untuk Jakarta maupun nasional, masih cenderung lunak dibanding Pedoman Kualitas Udara WHO (Provinsi DKI Jakarta, 2001). Penelitian lain yang memiliki hasil yang sama dilakukan di kota penyangga Provinsi DKI Jakarta, yaitu Kota Bekasi. Menurut hasil peneliti oleh Eka Satrani (2012) bahwa konsentrasi SO<sub>2</sub> selama tahun 2004-2011 masih jauh di bawah baku mutu (900 µg/m<sup>3</sup>). Sehingga ISPU pada parameter SO<sub>2</sub> masih berkategori baik dan aman di Kota Bekasi (Sakti 2012).

Potensi perindustrian di Provinsi DKI Jakarta sangat besar. Data Dinas Perindustrian menyebutkan Jumlah Pemakaian Bahan Bakar Industri Besar dan Sedang di Provinsi DKI Jakarta tahun 2017 mencapai 32.207.742.387 bensin, 73.785.855 minyak tanah/ solar, 6.677.856 pelumas (000 Rp) (Badan Pusat Statistik DKI Jakarta, 2020). Ketika mesin-mesin pabrik mulai beroperasi, zat pencemar mulai keluar dan berada di dalam udara bebas hingga terhirup oleh balita. Setelah masuk dalam saluran pernapasan, SO<sub>2</sub> langsung diabsorpsi oleh membran mukosa hidung dan saluran pernapasan atas. Sehingga SO<sub>2</sub> dapat menyebabkan iritasi terhadap saluran pernapasan, membengkaknya membran mukosa, dan menghambat aliran udara pada saluran pernapasan (Satriyo 2008).

SO<sub>2</sub> dapat berasal dari kendaraan bermotor. Upaya yang dapat dilakukan untuk pencegahan adalah dengan menggunakan bahan bakar yang kandungan sulfurnya rendah. Selain itu, mengganti bahan bakar minyak dengan bahan bakar gas (BBG) yang rendah polusi. Selanjutnya, melaksanakan perawatan kendaraan dan melakukan uji emisi secara berkala. Upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara ambien adalah dengan melakukan penanaman pohon dan tanaman penyerap polusi di sepanjang jalan.

Parameter NO<sub>2</sub> merupakan salah satu dari kelompok polutan NO<sub>x</sub> bersama dengan NO, HNO<sub>2</sub>, dan HNO<sub>3</sub> (Miranda et al. 2014). Rata-rata parameter NO<sub>2</sub> di Provinsi DKI Jakarta selama tahun 2017 sampai tahun 2020 adalah 10,32 yang artinya Indeks Standar Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta berkategori 'Baik (Hijau)' pada parameter NO<sub>2</sub>. Hal ini tidak berbeda pada nilai 40,41 sebagai parameter NO<sub>2</sub> maksimum yang juga berkategori 'Baik

(Hijau)' pada tahun 2020. Parameter NO<sub>2</sub> meningkat secara signifikan di tahun 2020 saat terjadi Pandemi COVID-19. Peningkatan ini terjadi disinyalir karena adanya pelanggaran PSBB dalam penanggulangan COVID-19 sehingga mobilitas transportasi mulai tinggi dan adanya peningkatan jumlah kendaraan motor di Provinsi DKI Jakarta. Jumlah motor mencapai 8.194.590 unit pada tahun 2019 dan 80% NO<sub>2</sub> bersumber dari asap kendaraan motor (Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta 2010b). Peningkatan jumlah kendaraan juga terus terjadi di wilayah penyangga Ibukota yaitu Kota Bekasi yang terjadi peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Pada tahun 2010, tercatat sebanyak 172.734 unit kendaraan roda empat dan lebih serta 734.387 unit kendaraan roda dua di Kota Bekasi (Sakti 2012).

Parameter NO<sub>2</sub> yang rendah di Provinsi DKI Jakarta kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya aktivitas transportasi dan industri akibat kebijakan *Work from Home* (WFH) dan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Meskipun demikian, Provinsi DKI Jakarta masih terbilang daerah dengan *hotspot* NO<sub>2</sub> yang harus terus diwaspadai di Pulau Jawa (Zulkarnain & Ramadani 2020b). Ditambah bahwa tiga per lima dari emisi NO<sub>x</sub> berasal dari transportasi darat, diikuti oleh pembangkit listrik dan pemanas (24%) (Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta & Breathe Easy Jakarta 2013).

Rata-rata parameter O<sub>3</sub> di Provinsi DKI Jakarta selama tahun 2017 sampai tahun 2020 adalah 68,52 yang artinya Indeks Standar Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta berkategori 'Sedang (Biru)' pada parameter O<sub>3</sub>. Hasil ini menunjukkan bahwa pencemaran ozon masih terjadi di wilayah perkotaan seperti Provinsi DKI Jakarta. Di daerah perkotaan, kenaikan ozon terutama disebabkan oleh peningkatan penggunaan kendaraan bermotor, di mana emisi kendaraan merupakan sumber utama hidrokarbon prekursor dan nitrogen oksida. Di daerah pedesaan, pembakaran pertanian dan kebakaran hutan telah menyebabkan polusi udara tingkat tinggi, yang telah meningkat ke tingkat kritis sejak 2006. Peningkatan pembakaran biomassa ini berpotensi meningkatkan ozon troposferik tropis. Pada saat yang sama, intensitas UV yang lebih tinggi dikombinasikan dengan kelembaban yang lebih tinggi di atmosfer tropis Jakarta sehingga menghasilkan peningkatan jumlah O<sub>3</sub>. Sejalan dengan hasil ini, penelitian di Thailand yang dikombinasikan dengan bukti epidemiologi dan toksikologi tentang toksisitas ozon, menunjukkan bahwa polusi ozon yang meluas dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Guo et al. 2014).

Saat terjadi Pandemi COVID-19, parameter O<sub>3</sub> mengalami penurunan yang sangat signifikan sepanjang tahun 2020. Tentunya, gas ozon berkurang saat terjadi pandemi karena diterapkannya kebijakan lockdown di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Kegiatan *lockdown* merupakan bagian dari peraturan perundang-undangan yang tertuang dalam Undang-Undang Nomor 6 tahun 2018 tentang Keekarantinaan Kesehatan yang membahas Keekarantinaan Kesehatan di Pintu Masuk dan di wilayah dilakukan melalui kegiatan pengamatan penyakit dan Faktor Risiko Kesehatan Masyarakat terhadap alat angkut, orang, barang, dan/atau lingkungan, serta respons terhadap Kedaruratan Kesehatan Masyarakat dalam bentuk tindakan Keekarantinaan Kesehatan (Pemerintah Republik Indonesia 2018).

Rata-rata CO di Provinsi DKI Jakarta tahun 2017 sampai 2020 adalah 18,26 yang artinya Indeks Standar Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta berkategori 'Baik (Hijau)' pada parameter CO. Hal ini tidak jauh berbeda pada nilai 39,96 sebagai parameter CO maksimum yang juga berkategori 'Baik (Hijau)' pada tahun 2020. Menurut Mukono, mekanisme CO masuk ke dalam tubuh manusia yaitu saat manusia bernapas dan menghirup udara, maka udara yang

kemungkinan mengandung oksigen, nitrogen, maupun karbon monoksida akan tertarik ke dalam paru dan terus masuk ke alveoli (Mukono 2008).

Dalam kondisi normal, tekanan oksigen di alveoli akan lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan oksigen di saluran pembuluh darah. Karena perbedaan tekanan tersebut oksigen dapat menembus dinding jaringan dan diikat oleh hemoglobin pada sel darah merah. Namun tidak semua gas memiliki tekanan yang lebih tinggi di alveoli. Gas karbon dioksida memiliki tekanan yang lebih tinggi di peredaran darah. Hal tersebut yang membuat karbon dioksida berpindah dari aliran darah ke paru dan kemudian dilepaskan kembali ke atmosfer (Mukono 2008).

Berdasarkan nilai korelasi ( $r$ ) dalam penelitian ini diketahui arah parameter partikulat matter (PM10) dan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta menunjukkan pola positif yang artinya peningkatan PM10 dapat meningkatkan kejadian pneumonia balita dengan kata lain hipotesis penelitian ini terbukti. Ditambah, hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara partikulat matter (PM10) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta ( $p$  value = 0,000) dan semua wilayah administrasi yaitu Jakarta Pusat ( $p$  value = 0,002), Jakarta Utara ( $p$  value = 0,019), Jakarta Barat ( $p$  value = 0,024), Jakarta Selatan ( $p$  value = 0,006) dan Jakarta Timur ( $p$  value = 0,012).

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian yang telah dilakukan di China, Taiwan, Brazil dan Eropa bahwa PM berhubungan secara signifikan dengan insiden pneumonia anak (Cheng et al. 2019). Penelitian lain oleh Fahimah (2014) yang meneliti tentang kualitas udara dengan kejadian pneumonia pada balita di Kota Cimahi yang menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara debu partikulat (PM10 dan PM2,5) dengan angka kejadian pneumonia pada balita di Kota Cimahi (Fahimah, Kusumowardani & Susanna 2014).

Beberapa studi menunjukkan bahwa kejadian COVID-19 memiliki hubungan yang erat dengan tingginya konsentrasi zat partikulat di udara. Wu et al. (2020) menemukan bahwa paparan jangka panjang terhadap zat partikulat dapat meningkatkan risiko kematian akibat COVID-19 di Amerika Serikat. Peningkatan partikulat sebesar  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berdampak pada peningkatan kematian akibat COVID-19 sebesar 15% (Wu et al. 2020). Selanjutnya penelitian terkait partikulat dengan kejadian COVID-19 yang dilakukan oleh Andree (2020) menunjukkan bahwa partikulat merupakan prediktor penting kasus COVID-19 di Belanda. Jika konsentrasi partikulat meningkat 20%, maka kasus COVID-19 meningkat hampir 100% (Johannes Andrée 2020). Bahkan, jauh sebelum itu terdapat penelitian oleh van Donkelaar et al. (2016) yang menyatakan bahwa China merupakan salah satu negara dengan kualitas partikulat matter yang buruk dimana Provinsi Hubei adalah salah satu wilayah dengan polusi udara yang tinggi. Seperti yang telah diketahui, Provinsi Hubei adalah daerah awal penyebaran COVID-19 (van Donkelaar et al. 2016).

Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta ( $p = 0,979$ ). Adanya hasil yang tidak berhubungan secara signifikan ini dapat saja terjadi karena desain studi yang digunakan. Penelitian ini menggunakan studi ekologi yang mana studi ini menggunakan data agregat sebagai variabel independen berupa pencemaran udara ambien yang alat ukurnya berada di luar ruangan atau jalan raya sehingga pencemaran udara terjadi secara keseluruhan atau pada level makro. Data agregat juga sebagai variabel dependen berupa kejadian pneumonia balita



yang bisa jadi balita di Provinsi DKI Jakarta lebih banyak didalam rumah atau jarang terpapar oleh pencemaran udara secara langsung.

Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Chi Yung Cheng dkk (2019) di Cina. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tidak ada hubungan signifikan antara SO<sub>2</sub> dengan insidens pneumonia ( $p > 0,05$ ) (Cheng et al. 2019). Hasil penelitian yang sama juga diketahui dari penelitian oleh Halimah dan Rudatin (2019) yang berjudul 'Korelasi Meteorologi dan Kualitas Udara dengan Pneumonia Balita di Kota Semarang Tahun 2013-2018' menunjukkan hasil bahwa nilai signifikan ( $p$ ) sebesar 0,556 ( $p > 0,05$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antara konsentrasi SO<sub>x</sub> selama periode tahun 2013-2017 dengan kejadian pneumonia (utami tri Halimah & Rudatin 2018). Namun hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Farisi (2018) yang meneliti tentang pengaruh SO<sub>2</sub> pada udara ambien terhadap risiko kejadian pneumonia di Cipayung, Jakarta Timur yang menunjukkan hasil bahwa sulfur oksida berkontribusi terhadap angka kejadian pneumonia pada balita di Cipayung, Jakarta Timur ( $p = 0,001$ ) (Farisi, Budiyo; & Setiani 2018).

Hasil penelitian ini diketahui tidak ada hubungan SO<sub>2</sub> dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta. Meski demikian perlu diwaspadai adanya lonjakan parameter SO<sub>2</sub> yang memungkinkan memperburuk kualitas udara, yang mana gas sulfur memiliki sifat iritan sehingga mempengaruhi kejadian inflamasi pada parenkim paru, selain itu ditambah banyaknya kadar sulfur dioksida dari alam. Sulfur dioksida masuk kedalam tubuh manusia melalui paparan inhalasi, sistem kerja pada sulfur berupa senyawa iritan yang dapat melukai bagian parenkim pada saluran pernafasan (WHO 2018b).

Berdasarkan nilai korelasi ( $r$ ) dalam penelitian ini diketahui arah Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta menunjukkan pola negatif yang artinya peningkatan NO<sub>2</sub> tidak dapat meningkatkan kejadian pneumonia balita dengan kata lain hipotesis penelitian ini tidak terbukti. Hubungan yang negatif dan lemah ini ditindaklanjuti dengan hasil uji statistik yang menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta ( $p = 0,674$ ). Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan di Brazil oleh Sandra dkk, 2012 ( $p = 0,23$ ). Penelitian yang dilakukan di Rio de Janeiro, Brazil oleh Moura M et al, menunjukkan tidak ada hubungan NO<sub>2</sub> dengan insidensi pneumonia balita. Hal tersebut dipengaruhi oleh kawasan penelitian yang kurang terpapar oleh pabrik industri dan penggunaan kendaraan (Moura M Junger WL 2008).

NO<sub>2</sub> memang bukan penyebab utama terjadinya ISPA. Namun berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, diketahui bahwa NO<sub>2</sub> dapat mengiritasi saluran pernapasan dan menurunkan fungsi paru-paru. Hal inilah yang dapat meningkatkan resiko seseorang untuk menderita ISPA. Penelitian yang dilakukan di Beijing menunjukkan bahwa NO<sub>2</sub> memiliki efek pada penyakit pernapasan (Zhang et al. 2017). Hasil penelitian di Hongkong juga menyebutkan bahwa NO<sub>2</sub> merupakan polutan yang paling beresiko untuk meningkatkan jumlah kasus penyakit saluran pernapasan bagian atas (Hockenberry & Wilson 2013).

Berdasarkan nilai korelasi ( $r$ ) dalam penelitian ini diketahui arah Ozon (O<sub>3</sub>) dan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta menunjukkan pola positif yang artinya peningkatan O<sub>3</sub> dapat meningkatkan kejadian pneumonia balita dengan kata lain hipotesis penelitian ini terbukti. Pola positif ini ditindaklanjuti melalui uji statistik bahwa ada hubungan antara Ozon

(O<sub>3</sub>) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta ( $p = 0,033$ ). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan di Brazil (Vieira et al. 2012). Penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang telah dilakukan oleh Tuan (2015) yang meneliti tentang polusi udara dan pneumonia pada balita di Roma dengan metode studi ekologi time series yang menunjukkan hasil bahwa terdapat hubungan antara peningkatan CO dan O<sub>3</sub> dengan kejadian pneumonia di Roma (Nascimento 2015).

Adanya hubungan O<sub>3</sub> dengan kejadian pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta dapat disebabkan karena O<sub>3</sub> 'tidak baik' yang ada di troposfer merupakan polutan sekunder yang timbul dari hasil reaksi oksidasi fotokimia. Campuran produk-produk sebagai akibat gangguan hidrokarbon di dalam siklus fotolitik NO<sub>2</sub> disebut smog fotokimia, yaitu terdiri dari kumpulan O<sub>3</sub>, CO, PAN dan komponen organik lainnya termasuk aldehid, keton, dan alkil nitrat. Konsentrasi oksidan di udara dipengaruhi oleh ada tidaknya sinar matahari dan kadar bahan pencemar primernya di udara. Pada siang hari kadar oksidan mencapai titik maksimum dan malam hari kadar oksidan berada pada titik minimumnya (Prabowo 2018).

Nilai korelasi ( $r$ ) dalam penelitian ini diketahui arah parameter karbon monoksida (CO) dan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta menunjukkan pola positif yang artinya peningkatan CO dapat meningkatkan kejadian pneumonia balita dengan kata lain hipotesis penelitian ini terbukti. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara Karbon Monoksida (CO) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta ( $p = 0,000$ ). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Enemona, dkk di Inggris dengan menggunakan desain sistematik review yaitu 12 studi penelitian memastikan adanya hubungan yang signifikan antara CO dengan insidens pneumonia pada balita (Adaji et al. 2019). Sama halnya dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa CO mempunyai hubungan dengan kejadian pneumonia pada balita. Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Yuwono 2008). Namun beberapa penelitian lain tidak menunjukkan hasil yang serupa dengan penelitian ini. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Mokoginta (2014) yang memperoleh hasil bahwa tidak ada hubungan yang bermakna antara CO dengan kejadian pneumonia pada balita (Yuwono 2008; Mahalastri 2014).

Penelitian-penelitian yang sedang berkembang di Indonesia memberikan bukti yang terbatas namun meyakinkan yang mengkaitkan paparan pencemaran udara pada ibu hamil berpengaruh bagi pertumbuhan anak yang terhambat sepanjang masa pertumbuhannya (Banderali et al. 2015). Lebih jauh lagi dari sekedar dampak pada pertumbuhan tinggi badan balita dan perkembangan fisik lainnya, stunting juga memiliki dampak jangka panjang terhadap anak dan lingkungannya, termasuk perkembangan kognitif yang terhambat, serta menurunnya produktifitas ekonomi (Brockmeyer & D'Angiulli 2016). Studi yang dilakukan oleh Becchetti et al. (2020) menjelaskan bahwa terdapat dua alasan mengapa polusi udara dapat menjadi faktor penarik COVID-19. Pertama, seseorang yang tinggal di daerah dengan kualitas udara yang buruk cenderung memiliki paru-paru yang bermasalah, sehingga memiliki ketahanan yang lebih rendah terhadap penyakit pernapasan seperti COVID-19. Kedua, zat partikulat dapat menjadi pembawa (carrier) virus bertahan di udara (Wu et al. 2020).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Terdapat hubungan yang signifikan antara PM<sub>10</sub> ( $P$  value = 0,000); O<sub>3</sub> ( $P$  value = 0,033); CO ( $P$  value = 0,000) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta. Sementara tidak ada

hubungan antara SO<sub>2</sub> (P value = 0,979); NO<sub>2</sub> (P value = 0,674) dengan pneumonia balita di Provinsi DKI Jakarta tahun 2017 hingga 2020

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan masukan kepada Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta untuk melakukan kerja sama lintas sector bersama Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan terkait Sistem Kewaspadaan Dini (SKD) terhadap peningkatan kasus pneumonia balita yang utamanya akibat pencemaran udara. Penelitian ini memanggil penelitian lain agar diadakan penelitian lanjutan yang lebih mendalam dengan desain studi yang sifatnya pengukuran tingkat individu atau tingkat wilayah yang lebih kecil seperti desain studi case control mengenai pencemaran udara bebas dengan pneumonia balita dan mungkin dielaborasi dengan kasus COVID-19.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adaji, E.E., Ekezie, W., Clifford, M. & Phalkey, R., 2019, 'Understanding the effect of indoor air pollution on pneumonia in children under 5 in low- and middle-income countries: a systematic review of evidence', *Environmental Science and Pollution Research*, 26(4), 3208-3225.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997, 'Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 107 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara', 13-36.
- Banderali, G., Martelli, A., Landi, M., Moretti, F., Betti, F., Radaelli, G., Lassandro, C. & Verduci, E., 2015, 'Short and Long Term Health Effects of Parental Tobacco Smoking During Pregnancy and Lactation: A Descriptive Review', *Journal of Translational Medicine*, 13(1), 327.
- Brockmeyer, S. & D'Angiulli, A., 2016, 'How Air Pollution Alters Brain Development: The Role of Neuroinflammation.', *Translational neuroscience*, 7(1), 24-30.
- Cheng, C.Y., Cheng, S.Y., Chen, C.C., Pan, H.Y., Wu, K.H. & Cheng, F.J., 2019, 'Ambient air pollution is associated with pediatric pneumonia: A time-stratified case-crossover study in an urban area', *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1), 1-9.
- Cilloniz, C., Martin-Loeches, I., Garcia-Vidal, C., Jose, A.S. & Torres, A., 2016, 'Microbial etiology of pneumonia: Epidemiology, diagnosis and resistance patterns', *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12).
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, 2019, 'Menuju Udara Bersih Jakarta', *Dinas Lingkungan Hidup Pemprov DKI Jakarta, vital strategies*, 1-56.
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta & Breathe Easy Jakarta, 2013, *Jakarta Emissions Inventory*, 1-4.
- Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2010a, *Rencana Strategis Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta Tahun 2017-2022*.
- Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta, 2010b, *Rencana Strategis Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta Tahun 2017-2022*.
- Donkelaar, A. van, Martin, R. V, Brauer, M., Hsu, N.C., Kahn, R.A., Levy, R.C., Lyapustin, A., Sayer, A.M. & Winker, D.M., 2016, 'Global Estimates of Fine Particulate Matter using a Combined Geophysical-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors', *Environmental Science & Technology*, 50(7), 3762-3772.
- Erdman, L.K., D'Acremont, V., Hayford, K., Rajwans, N., Kilowoko, M., Kyungu, E., Hongoa, P., Alamo, L., Streiner, D.L., Genton, B. & Kain, K.C., 2015, 'Biomarkers of host response predict

primary end-point radiological pneumonia in Tanzanian children with clinical pneumonia: A prospective cohort study', *PLoS ONE*, 10(9), 1-18.

- Fahimah, R., Kusumowardani, E. & Susanna, D., 2014, 'Kualitas Udara Rumah dengan Kejadian Pneumonia Anak Bawah Lima Tahun (di Puskesmas Cimahi Selatan dan Leuwi Gajah Kota Cimahi)', *Makara Journal of Health Research*, 18(1), 25-33.
- Farisi, F. Al, Budiyono; & Setiani, O., 2018, 'Pengaruh Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Pada Udara Ambien Terhadap Risiko Kejadian Pneumonia Pada Balita', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 6(4), 438-446.
- Firman, U., Suradi, Sunaryo; & Agus, A., 2020, '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.
- Guo, Y., Li, S., Tawatsupa, B., Punnasiri, K., Jaakkola, J.J.K. & Williams, G., 2014, 'The association between air pollution and mortality in Thailand', *Scientific Reports*, 4, 1-8.
- Hockenberry, M.J. & Wilson, D., 2013, *Wong's essentials of pediatric nursing 9: Wong's essentials of pediatric nursing*, Elsevier Health Sciences.
- Johannes Andrée, B.P., 2020, 'Incidence of COVID-19 and Connections with Air Pollution Exposure: Evidence from the Netherlands', *medRxiv*, (April).
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019, *Profil Kesehatan Indonesia 2018 [Indonesia Health Statistic 2018]*.
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia, 2018, 'Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia 2017', 1-149.
- Kusnoputranto, H., 2000, 'Kesehatan lingkungan', *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Jakarta*, 211.
- Mahalastrri, N.N.D., 2014, 'Hubungan antara pencemaran udara dalam ruang dengan kejadian pneumonia balita', *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 2(3), 392-403.
- Miranda, A.I., Valente, J., Costa, A.M., Lopes, M. & Borrego, C., 2014, *Air pollution and health effects*.
- Moura M Junger WL, M.G.A.L.A.P., 2008, 'Air quality and acute respiratory disorder in children.'
- Mukono, H.J., 2008, *Pencemaran udara dan pengaruhnya terhadap gangguan saluran pernapasan*, Airlangga University Press.
- Nascimento, T.V., 2015, 'Air Pollutants and Hospitalization due to Pnemonia Among Children. An Ecological Time Series Study', *Sao Pulo Medicine Journal*, 5, 413-418.
- Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2021, *Profil Covid-19 di DKI Jakarta*.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2018, 'Undang-Undang Nomor 6 tahun 2018 tentang Keekarantinaan Kesehatan', *National Standardization Agency of Indonesia*, 31-34.
- Prabowo, K.B.M., 2018, *Penyehatan Udara*, 1st edn., Jakarta.
- Sakti, E.S., 2012, 'Tinjauan Tentang Kualitas Udara Ambien (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Total Suspended Particulate) Terhadap Kejadian ISPA di Kota Bekasi Tahun 2001-2011', (2), 1-134.
- Satriyo, S., 2008, 'Studi Kondisi Kimiawi Penyebaran Pb, Debu, dan Kebisingan di Kota Jakarta', *Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubhara Jaya*.
- UNICEF, 2019, *Levels & Trends in Child Mortality: Report 2019-Estimates developed by the UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation*.

- utami tri Halimah & Rudatin, W., 2018, 'Korelasi Meteorologi dan Kualitas Udara dengan Pneumonia Balita di Kota Semarang Tahun 2013-2018', *Higeia Journal of Public Health Research and Development*, 1(3), 84-94.
- Vieira, S.E., Stein, R.T., Ferraro, A.A., Pastro, L.D., Pedro, S.S.C., Lemos, M., Silva, E.R. da, Sly, P.D. & Saldiva, P.H., 2012, 'Urban Air Pollutants are Significant Risk Factors for Asthma and Pneumonia in Children: The Influence of Location on the Measurement of Pollutants', *Archivos de Bronconeumologia*, 48(11), 389-395.
- WHO, 2003, *Health effects of transport-related air pollution*.
- WHO, 2016, 'Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease', 93.
- WHO, 2018a, *Air Pollution and Child Health*, vol. 113.
- WHO, 2018b, *Air Pollution and Child Health*, vol. 113.
- World Health Organization; The United Nations Children's Fund (UNICEF), 2009, 'Global Action Plan for Prevention and Control of Pneumonia (GAPP)', 24.
- Wu, X., Nethery, R.C., Sabath, M.B., Braun, D. & Dominici, F., 2020, 'Exposure to Air Pollution and COVID-19 Mortality in the United States: A Nationwide Cross-sectional Study', *medRxiv*, (April).
- Yuwono, 2008, *Faktor-Faktor Lingkungan Fisik Rumah yang Berhubungan dengan Kejadian Pneumonia pada Anak Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Kawunganten Kabupaten Cilacap* - PhD thesis, Universitas Diponegoro.
- Zhang, Y., Salam, M.T., Berhane, K., Eckel, S.P., Rappaport, E.B., Linn, W.S., Habre, R., Bastain, T.M. & Gilliland, F.D., 2017, 'Genetic and epigenetic susceptibility of airway inflammation to PM (2.5) in school children: new insights from quantile regression.', *Environmental health: a global access science source*, 16(1), 88.
- Zulkarnain, R. & Ramadani, K.D., 2020a, 'Kualitas Udara dan Potensi Transmisi Covid-19 di Pulau Jawa', *Seminar Nasional Official Statistics 2020-Statistics in the New Normal: A Challenge of Big Data and Official Statistics*, (2), 23-33.
- Zulkarnain, R. & Ramadani, K.D., 2020b, 'Kualitas Udara dan Potensi Transmisi Covid-19 di Pulau Jawa', *Seminar Nasional Official Statistics 2020-Statistics in the New Normal: A Challenge of Big Data and Official Statistics*, (2), 23-33.