

**PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DAN
AKTIVITAS *OUTDOOR* PADA PENULARAN COVID-19
DI DKI JAKARTA DAN KOTA BANDAR LAMPUNG**

(Tesis)

Oleh

**FAJAR SUPRAMONO
NPM 2020011001**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DAN
AKTIVITAS *OUTDOOR* PADA PENULARAN COVID-19
DI DKI JAKARTA DAN KOTA BANDAR LAMPUNG**

Oleh

FAJAR SUPRAMONO

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER LINGKUNGAN**

Pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DAN AKTIVITAS *OUTDOOR* PADA PENULARAN COVID-19 DI DKI JAKARTA DAN KOTA BANDAR LAMPUNG

Oleh

FAJAR SUPRAMONO

Munculnya kasus COVID-19 di dunia telah memicu perdebatan luas tentang risiko penyebaran kaitannya dengan faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor*. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui bagaimana hasil identifikasi model prediksi atau pembuktian model dari variabel antara faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder (*time series*) yang bersumber dari Dinas Kesehatan, Dinas Lingkungan Hidup, serta Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. *Database* yang digunakan yaitu *Community Mobility Reports* COVID-19. Peneliti menggunakan teknik pengambilan sampel *nonprobability* kemudian di analisis menggunakan *Structural Equation Modelling* (SEM). Hasil identifikasi model prediksi menunjukkan bahwa faktor lingkungan terdapat pengaruh signifikan negatif terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata. Faktor lingkungan (suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap aktivitas *outdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung. Aktivitas *outdoor* berpengaruh signifikan negatif terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel aktivitas *outdoor* di tempat-tempat seperti toko bahan makanan dan apotek, taman, serta pusat transportasi umum. Selain itu, kondisi di Kota Bandar Lampung untuk variabel aktivitas *outdoor* di tempat retail dan rekreasi berpengaruh secara nyata atau bermakna terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19. Secara tidak langsung, faktor lingkungan (suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 melalui aktivitas *outdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.

Kata kunci: polusi udara, suhu, aktivitas *outdoor*, COVID-19, SEM.

ABSTRACT

EFFECTS OF ENVIRONMENTAL FACTORS AND ACTIVITIES OUTDOOR ON COVID-19 TRANSMISSION IN DKI JAKARTA AND BANDAR LAMPUNG CITY

By

FAJAR SUPRAMONO

The emergence of COVID-19 cases in the world has sparked a wide debate about the risk of spreading in relation to environmental factors and outdoor activities. The purpose of this study was to find out how the results of the identification of predictive models or model proofs from variables between environmental factors and outdoor on the transmission of confirmed cases of COVID-19 in DKI Jakarta and Bandar Lampung. The data used in this study is secondary data (time series) sourced from the Health Service, the Environment Service, and the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency. The database used is Community Mobility Reports COVID-19. sampling technique *probability* and then analyzed using *Structural Equation Modeling* (SEM). The results of the identification of the predictive model show that environmental factors have a significant negative effect on confirmed cases of COVID-19 both in DKI Jakarta and Bandar Lampung City for the variables of minimum temperature, maximum temperature and average temperature. Environmental factors (minimum temperature, maximum temperature and average temperature) do not have a significant effect on outdoor activities in DKI Jakarta and Bandar Lampung City. Outdoor activities has a significant negative effect on confirmed cases of COVID-19 both in DKI Jakarta and Bandar Lampung City for outdoor in places such as grocery stores and pharmacies, parks, and public transportation centers. In addition, the conditions in Bandar Lampung City for the variables of outdoor in retail and recreational areas have a significant or significant effect on confirmed cases of COVID-19. Indirectly, environmental factors (minimum temperature, maximum temperature and average temperature) do not have a significant influence on confirmed cases of COVID-19 through outdoor in DKI Jakarta and Bandar Lampung City.

Keywords: air pollution, temperature, outdoor activities, COVID-19, SEM.

Judul Tesis

: **PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DAN
AKTIVITAS *OUTDOOR* PADA PENULARAN
COVID-19 DI DKI JAKARTA DAN KOTA
BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: Fajar Supramono

Nomor Pokok Mahasiswa : 2020011001

Program Studi

: Magister Ilmu Lingkungan

Fakultas

: Pascasarjana Multidisiplin



Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, S.Ked., M.Kes.
NIP. 197631082003121003

Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T.
NIP. 197208252000032001

Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, positioned above a horizontal line.

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, positioned above a horizontal line.

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Dr. Ir. Samsul Bakri, positioned above a horizontal line.

2. Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Dr. Ir. Samsul Bakri, positioned above a horizontal line.

Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, S.Ked., M.Kes.

Sekretaris : Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T.

Anggota : Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.

Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Dyah Wulan S.R.W., SKM., M.Kes.

Anggota : Dr. Ir. Agus Setiawan, M.Si.

2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 8 Agustus 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul: **"PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DAN AKTIVITAS *OUTDOOR* PADA PENULARAN COVID-19 DI DKI JAKARTA DAN KOTA BANDAR LAMPUNG"** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Fajar Supramono
NPM. 2020011001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 16 Februari 1990. Anak ke dua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Catur Suwarno dan Ibu Sriyatun. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SD Negeri 2 Jatimulyo pada tahun 2002. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama diselesaikan di SMP Negeri 19 Bandar Lampung pada tahun 2005. Pendidikan Sekolah Menengah Atas diselesaikan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2008.

Pada tahun 2008 Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Pertanian Bogor pada Program Studi Analisis Kimia dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2013 Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Satya Negara Indonesia Jakarta pada Program Studi Teknik Lingkungan dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2020 Penulis diterima di Fakultas Pascasarjana Multidisiplin Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Lampung. Saat ini penulis bekerja sebagai Pegawai di Institut Teknologi Sumatera.

PERSEMBAHAN

Kepada Ayahanda dan Ibunda Tersayang
serta Istri dan Anak-anakku

MOTTO

“Bukan kebahagiaan yang menjadikan
kita bersyukur, tapi bersyukurlah
yang membuat kita bahagia”

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul “**Pengaruh Faktor Lingkungan dan Aktivitas *Outdoor* pada Penularan COVID-19 Di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung**” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D., (Alm) selaku Wakil Direktur Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung;
4. Dr. Maulana Mukhlis, S.Sos, M.IP. selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung;
5. Dr. dr. Jhons Fatriyadi Suwandi, S.Ked., M.Kes., selaku pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
6. Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
7. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung, sekaligus selaku pembimbing anggota pada ujian tesis. Terima kasih untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;

8. Prof. Dr. Dyah Wulan S.R.W., SKM., M.Kes., selaku penguji utama atas kesediannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
9. Dr. Ir. Agus Setiawan, M.Si., selaku penguji anggota atas kesediannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
10. Seluruh Dosen Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan telah mendidik penulis;
11. Bapak dan Ibu Staf administrasi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022

Fajar Supramono

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Masalah.....	9
1.3 Tujuan.....	9
1.4 Kerangka Pemikiran	10
1.5 Hipotesis	17
II. TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 <i>Coronavirus Disease-2019</i> (COVID-19)	18
2.2 Polusi Udara	25
2.3 Kondisi Meteorologi.....	31
2.4 Aktivitas <i>Outdoor</i>	34
2.5 Penelitian Sebelumnya	36
2.6 <i>Structural Equation Modelling</i> (SEM).....	44
III. METODE PENELITIAN	52
3.1 Tempat dan Waktu	52
3.2 Alat dan Bahan	52
3.3 Metode.....	52
3.4 Pelaksanaan	56
3.4.1 Tahapan Penelitian.....	56
3.4.2 Teknik Pengumpulan Data.....	58
3.4.3 Teknik Pengolahan Data	58
3.4.4 Teknik Analisis Data.....	60
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1 Gambaran Umum Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.....	67
4.2 Analisis <i>Univariat</i>	68
4.3 Analisis <i>Bivariat</i>	83
4.4 Analisis <i>Multivariat</i> dengan LISREL.....	88
4.5 Pembahasan	101

V. SIMPULAN DAN SARAN	121
DAFTAR PUSTAKA	124
LAMPIRAN	138

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batas Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dalam Satuan SI.....	29
2. Angka dan Kategori Rentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)	30
3. Definisi Operasional Variabel.....	54
4. Ukuran Kecocokan Model (<i>Goodness of Fit</i>)	65
5. Distribusi Kasus Terkonfirmasi COVID-19 Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin.....	70
6. Ringkasan Korelasi antara Faktor Lingkungan dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	83
7. Ringkasan Korelasi antara Aktivitas Outdoor dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	85
8. Muatan Faktor Standar	91
9. Hasil Pengujian Hubungan antar Variabel Laten.....	92
10. Hasil Uji Kecocokan Model.....	93
11. Nilai Determinasi R^2	93
12. Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Tiap Variabel	94
13. Muatan Faktor Standar	96
14. Hasil Pengujian Hubungan antar Variabel Laten.....	97
15. Hasil Uji Kecocokan Model.....	98

16. Nilai Determinasi R^2	99
17. Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Tiap Variabel	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Teori Modifikasi dari Teori H.L. Blum, Segitiga Epidemiologi dan <i>Theory of Planned Behavior</i>	15
2. Kerangka Konsep	16
3. Kasus Terkonfirmasi Kumulatif di Provinsi DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	19
4. Ilustrasi Ukuran PM ₁₀ dan PM _{2.5}	28
5. Prediksi Jumlah Kasus COVID-19 Berdasarkan Suhu Rata-rata	40
6. Diagram Alir Penelitian	57
7. Model Penelitian SEM	62
8. Kasus Terkonfirmasi Kumulatif di Provinsi DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	68
9. Kasus Terkonfirmasi Kumulatif di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	69
10. Grafik ISPU-PM ₁₀ dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	71
11. Grafik ISPU-PM ₁₀ dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	72
12. Grafik Suhu dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.....	73
13. Grafik Suhu dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.	74
14. Grafik Kelembaban dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	75

15. Grafik Kelembaban dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	76
16. Grafik Lamanya Sinar Matahari dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei.....	77
17. Grafik Lamanya Sinar Matahari dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei	78
18. Grafik Kecepatan Angin dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.	79
19. Grafik Kecepatan Angin dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	80
20. Grafik Aktivitas <i>Outdoor</i> dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.	81
21. Grafik Aktivitas <i>Outdoor</i> dan Kasus Terkonfirmasi COVID-19 di Kota Bandar Lampung antara 1 Maret 2020 dan 31 Mei 2021.....	82
22. Model Penelitian SEM	89
23. Diagram Hasil Estimasi Model	90
24. Diagram Estimasi Model Setelah Modifikasi (<i>Standardized Solution</i>)	91
25. Diagram Estimasi Model Setelah Modifikasi (<i>t-values Model</i>).....	92
26. Diagram Hasil Estimasi Model	95
27. Diagram Estimasi Model Setelah Modifikasi (<i>Standardized Solution</i>)	96
28. Diagram Estimasi Model Setelah Modifikasi (<i>t-values Model</i>).....	97
29. Kasus Terkonfirmasi Kumulatif di Negara Amerika Serikat, Malaysia, India, Jepang dan Indonesia antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021	102

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) atau yang lebih dikenal dengan nama virus Corona merupakan jenis baru dari *Coronavirus* yang menular ke manusia. Virus Corona yang muncul pada tahun 2019 (COVID-19) telah diakui sebagai pandemi global oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada 11 Maret 2020. Virus ini telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia dan menyebabkan kepanikan yang meluas di seluruh dunia. Kasus terkonfirmasi pertama yang dilaporkan berada di wilayah Wuhan pada akhir Desember 2019, kemudian COVID-19 menyebar ke provinsi lain dan akhirnya mencakup hampir seluruh wilayah di China. Di Indonesia, kasus terkonfirmasi COVID-19 pertama kali terjadi pada 2 Maret 2020 yaitu dua warga dari Kota Depok. Pada 15 Maret 2020, Indonesia mengumumkan sebanyak 117 kasus terkonfirmasi COVID-19. Pemerintah Indonesia pertama kali menerapkan kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) di Jakarta pada 10 April 2020, dan diikuti oleh beberapa daerah lainnya (Kementerian Kesehatan RI, 2021).

Kasus terkonfirmasi kumulatif di Provinsi DKI Jakarta dari awal munculnya kasus pada Tahun 2020 hingga akhir 2021 menunjukkan tren peningkatan di bulan tertentu. Tren kasus terkonfirmasi COVID-19, seperti yang tampak pada Gambar 3, terlihat walaupun pemerintah telah mengambil langkah-langkah pembatasan serta waktu dan penerapan PSBB yang konsisten, akan tetapi virus Corona tetap menyebar luas di Jakarta. Pandemi COVID-19 sepertinya tidak akan berakhir dalam waktu dekat. Menurut Kementerian Kesehatan RI (2021), per 31 Desember 2021,

sebanyak 286.715.568 orang telah terinfeksi di seluruh dunia, di mana 5.445.042 orang di antaranya telah meninggal. Di Indonesia, sebanyak 4.262.540 orang terinfeksi, dengan tingkat kesembuhan sebanyak 4.114.141 dan 144.088 diantaranya meninggal. Kasus terkonfirmasi COVID-19 di Indonesia ini tersebar di 34 provinsi dan 480 kabupaten/kota di Indonesia. Jumlah kasus terkonfirmasi COVID-19 dari awal munculnya COVID-19 hingga 31 Desember 2021 untuk wilayah yang tertinggi di Indonesia berada di DKI Jakarta yaitu sebanyak 865.688 orang terinfeksi dengan tingkat kesembuhan sebanyak 851.418 dan 13.608 diantaranya meninggal. Kasus terendah berada di Provinsi Gorontalo, tercatat sebanyak 11.849 orang terkonfirmasi positif COVID-19 dengan tingkat kesembuhan sebanyak 11.388 dan 461 diantaranya meninggal. Provinsi Lampung sendiri berada di peringkat 18 dari 34 provinsi di Indonesia, tercatat sebanyak 49.752 orang terkonfirmasi positif COVID-19 dengan tingkat kesembuhan sebanyak 45.350 dan 3.885 diantaranya meninggal. Wabah dari COVID-19 ini menewaskan jutaan orang di seluruh dunia hanya terjadi dalam satu tahun. Jelas bahwa virus menyebar dengan sangat cepat. Para ilmuwan di seluruh dunia terus berusaha memahami karakteristik jenis infeksi COVID-19 ini untuk menemukan metode dan kebijakan yang tepat untuk menghadapinya.

Peneliti sebelumnya berpendapat bahwa distribusi spasial infeksi virus Corona ini tidak dapat dijelaskan melalui model pandemi, jarak geografis, distribusi populasi dan usia (Setti, et al., 2020; Becchetti, et al., 2020; Travaglio, et al., 2020). Selain model penularan virusnya yang unik dan kebijakan pembatasan yang digunakan oleh pemerintah untuk membatasi pandemi COVID-19, kondisi atmosfer dianggap sebagai faktor pendukung penting lainnya yang dapat mempengaruhi penularan dan infeksi oleh virus tersebut (Bashir, et al., 2020; Fattorini & Regoli, 2020). Virus Corona dapat menyebar melalui pernapasan serta kontak erat dengan orang yang terinfeksi (Wang, et al., 2020). Setti et al. (2020), berpendapat bahwa studi eksperimen lebih lanjut dapat mengkonfirmasi kemungkinan bahwa partikel dapat bertindak sebagai "pembawa" untuk virus dan bahkan penularan melalui udara melalui aerosol (Doremalen, et al., 2020). Sehingga hal ini sangat menarik untuk

mengkaji bagaimana pengaruh polusi udara dan kondisi atmosfer mempengaruhi kelangsungan hidup, penyebaran dan penularan COVID-19.

Kualitas udara merupakan indikator komprehensif yang mencerminkan polusi terhadap udara. Polusi udara menggambarkan suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat pencemar. Salah satu jenis polusi udara yaitu partikel, selain itu juga terdapat senyawa lain diantaranya; Sulfur dioksida (SO_2), Nitrogen dioksida (NO_2), Carbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan bahan pencemar lainnya (Bashir, et al., 2020; Travaglio, et al., 2020). Partikulat diartikan sebagai partikel-partikel halus yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi di dalam gas (udara). Partikel padatan atau cairan ini umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan non-organik seperti asam (partikel nitrat atau sulfat), logam, ataupun partikel debu dan tanah serta interaksi gas-gas seperti SO_2 , NO_2 , CO , HC , Ammonia (NH_3) dan Hidrogen sulfida (H_2S) dengan komponen-komponen lainnya di udara yang akan membentuk partikel.

Menurut Ratnani (2008), polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan adalah partikel-partikel, kemudian diikuti berturut-turut NO_2 , SO_2 , HC dan yang paling rendah toksisitasnya adalah CO . Partikel dianggap bahaya karena tiga hal penting, yaitu; partikel tersebut dapat bersifat beracun karena sifat-sifat kimia dan fisiknya; partikel dapat bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi tertinggal di dalam saluran pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya; partikel-partikel tersebut mungkin dapat membawa molekul-molekul gas yang berbahaya, baik dengan cara mengabsorpsi atau mengadsorpsi, sehingga molekul-molekul gas tersebut dapat mencapai dan tertinggal di bagian paru-paru yang sensitif (Ratnani, 2008).

Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena mempengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan, mulai dari partikel dengan ukuran subatom seperti elektron, partikel mikroskopis seperti molekul, hingga partikel makroskopis seperti serbuk. Partikel debu sering disebut dengan *Particulate Matter* (PM) dengan berbagai ukuran. Penggolongan dibagi

menjadi *Total Suspended Particulate* (TSP), PM₁₀ dan PM_{2,5} yang berasal dari sumber organik dan anorganik. PM₁₀ adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer atau lebih kecil, sedangkan PM_{2,5} adalah partikel yang berukuran 2,5 mikrometer atau lebih kecil. Partikel yang cukup besar biasanya akan tersaring di hidung dan tenggorokan serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya. Sementara partikel-partikel yang lebih kecil (*inhalable*) seperti PM₁₀ atau PM_{2,5} akan masuk lebih dalam ke sistem pernapasan manusia (KLHK RI, 2015).

Particulate Matter (PM) dapat menjadi kontributor penting untuk penularan dan infeksi virus Corona dalam dua cara. Pertama, dalam jangka pendek penyebaran beberapa virus di udara (seperti influenza dan campak) dapat meningkat melalui *Particulate Matter* (PM) yang dapat bertahan lebih lama di udara, menempuh jarak yang lebih jauh, mencakup area yang lebih luas, dan masuk kedalam paru-paru (Andree, 2020). Hal ini terjadi karena COVID-19 merupakan penyakit pernapasan dan virus Corona dapat bertahan dalam aerosol selama berjam-jam (Doremalen, et al., 2020). Kedua, dalam jangka panjang polutan udara yang memiliki kadar tinggi dapat mengakibatkan kelainan dan kerusakan paru-paru yang mempengaruhi efisiensi kerja paru-paru (Pastva, et al., 2007), sehingga pada manusia akan berdampak pada rentan terhadap penyakit dan lebih rentan menderita infeksi saluran pernapasan, asma, dan penyakit paru kronis (Kim, et al., 2018). Dikarenakan paru-paru merupakan target utama virus ini, yaitu dengan bentuknya yang berduri (*binding domain*), sehingga virus dapat menempel pada reseptor sel paru-paru (Ali & Alharbi, 2020), maka peluang terpaparnya virus dapat meningkat jika seseorang terkena polusi udara yang parah.

Pengamatan yang akan dilakukan menggunakan data Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). ISPU menggambarkan laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya udara. ISPU merupakan angka tanpa satuan, digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia. Di Indonesia, ISPU digunakan untuk menilai tingkat mutu kualitas udara. Di daerah perkotaan ISPU maksimum sampai mencapai kategori yang tidak sehat.

Provinsi DKI Jakarta menjadi ibu kota yang berpenduduk padat. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), kepadatan penduduk di DKI Jakarta pada tahun 2020 yaitu 15.907 per km². DKI Jakarta terjadi kenaikan pada produksi industri yang dapat menimbulkan emisi seperti industri tekstil sebesar 10,13 %, industri kelistrikan 9,07 %, industri logam 7,54 % dan industri kendaraan bermotor 1,47 % pada tahun 2018 terhadap tahun 2017. Melalui pertumbuhan penduduk tersebut, juga dapat mempengaruhi polusi dari kendaraan yang dapat menyumbang sebagai sumber pencemar udara tercatat dalam BPS (Jakarta Dalam Angka Tahun 2018) terjadi peningkatan pada jumlah kendaraan sebesar 6 % - 9 % per tahunnya. Menurut Agista et al. (2020), kualitas udara di DKI Jakarta pada Tahun 2014-2018 memiliki kadar polutan PM₁₀ maksimum sebesar 158-206 µg/m³. Kadar tersebut memiliki rentang ISPU 101-200, yang artinya berada pada kategori ISPU tidak sehat.

Menurut Badan Pusat Statistik (2021), kepadatan penduduk di Kota Bandar Lampung pada tahun 2020 yaitu 6.361,17 per km². Kota Bandar Lampung memiliki andil yang sangat vital dalam jalur transportasi darat dan aktivitas pendistribusian logistik dari Jawa menuju Sumatera maupun sebaliknya serta memiliki Pelabuhan Panjang untuk kegiatan ekspor-impor dan Pelabuhan Srengsem yang melayani distribusi batubara dari Sumatera ke Jawa. Semua jenis kendaraan melintasi baik motor, mobil pribadi, mobil niaga, dan mobil besar. Mobil-mobil besar seperti truk dan tronton mengangkut berbagai macam barang dan material. Material dan barang yang dibawa mobil tersebut menyebabkan polusi berupa debu dan partikulat. Menurut Arissa & Kiswandono (2017), kualitas udara di Bandar Lampung pada Tahun 2016 memiliki kadar polutan PM₁₀ rata-rata sebesar 52-118 µg/m³. Kadar tersebut memiliki rentang ISPU 51-100, yang artinya berada pada kategori ISPU sedang. Kondisi kualitas udara ambien di DKI Jakarta lebih tinggi dibandingkan dengan Kota Bandar Lampung, sehingga pada penelitian ini akan melihat secara deskriptif bagaimana pengaruh polusi udara di daerah dengan kategori ISPU tidak sehat dengan daerah yang memiliki kategori ISPU sedang terhadap penularan COVID-19.

Kondisi meteorologi termasuk suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin juga dianggap sebagai faktor atmosfer yang penting dalam memprediksi penularan COVID-19 (Faeni, et al., 2019; Irawan, et al., 2020; Auler, et al., 2020; Bashir, et al., 2020). Demikian juga dengan pendapat Bi, et al. (2007); Casanova, et al. (2010); Chan, et al. (2011), bahwa suhu lingkungan berdampak terhadap kelangsungan hidup dan penularan virus Corona seperti MERS-CoV dan SARS-CoV. Literatur terbaru telah menegaskan kembali dampak penekanan suhu pada penularan COVID-19 berdasarkan sampel dari Brasil, Cina, dan negara lain (Prata, et al., 2020; Qi, et al., 2020; Wu, et al., 2020). Namun, peneliti lain telah menemukan hasil yang bertentangan (Auler, et al., 2020; Jahangiri, et al., 2020; Xie & Zhu, 2020; Iqbal, et al., 2020). Kemudian untuk parameter kelembaban menurut Casanova et al. (2010), merupakan kontributor penting lainnya untuk penularan penyakit virus Corona.

Munculnya kasus COVID-19 di Indonesia memicu perdebatan luas tentang risiko penyebaran penyakit tersebut kaitannya dengan kondisi meteorologi. Hasil penelitian oleh Chen, et al. (2020) dan Sajadi, et al. (2020), menunjukkan kondisi ideal untuk virus corona berada pada suhu sekitar 8-10 °C dengan kelembaban antara 60 % hingga 90 %. Namun di sisi lain, negara dengan iklim tropis yang terlihat pada kasus COVID-19 di Indonesia menunjukkan kerentanan yang cukup tinggi terpapar COVID-19. Menurut BMKG (2021), DKI Jakarta memiliki rata-rata suhu tertinggi 30-33⁰C dan terdingin 23-24⁰C, sedangkan di Kota Bandar Lampung memiliki rata-rata suhu tertinggi 30-32⁰C dan terdingin 23-24⁰C. Dikarenakan cuaca dan iklim di Indonesia sangat berbeda dari lokasi pertama penyakit ini ditemukan. Sehingga penting untuk mengkaji bagaimana pengaruh kondisi meteorologi di kota-kota tersebut dalam mempengaruhi kelangsungan hidup, penyebaran dan penularan COVID-19.

Selain faktor lingkungan yang diduga mempengaruhi kelangsungan hidup, penyebaran dan penularan COVID-19, terdapat faktor lain yang dianggap penting dalam proses penularan. Faktor tersebut adalah determinan sosial (usia dan jenis kelamin) dan perilaku (aktivitas *outdoor*). Menurut Fatmah (2006), dengan

bertambahnya usia dapat diikuti dengan adanya penurunan fungsi dari sistem imun. Menurut Biswas (2020), perbedaan fisiologis dalam sistem imun antara laki-laki dan perempuan mempengaruhi kemampuan tubuh dalam menghadapi infeksi termasuk respon terhadap infeksi COVID-19. Perempuan lebih resisten terhadap infeksi jika dibandingkan dengan laki-laki. Selain itu, aktivitas *outdoor* masyarakat menjadi faktor penting dalam penularan COVID-19 yaitu kontak dengan penderita atau menghindari bepergian ke wilayah yang terpapar COVID-19. Menurut Kemenkes RI (2020), kontak erat terjadi apabila seseorang yang melakukan kontak fisik atau berada dalam ruangan atau berkunjung dengan jarak kurang dari satu meter dengan pasien terkonfirmasi positif COVID-19. Menurut Nugroho & Rakhman (2021), mobilitas (aktivitas *outdoor*) cenderung memicu terjadinya interaksi antar manusia dalam jarak yang cukup dekat dan hal ini memperbesar peluang terjadinya penularan karena virus SARS-CoV-2 menular antara lain melalui *droplet* yang dengan mudah bertransmisi dalam bentuk cairan atau aerosol. Aspek mobilitas (aktivitas *outdoor*) ini sering diangkat sebagai faktor penting dalam upaya pengendalian penyebaran penyakit menular. Sebuah model mobilitas jaringan global yang dikombinasikan dengan model epidemiologi lokal telah dikembangkan untuk meramalkan dinamika dan pengendalian wabah Covid-19 di Eropa (Linka, et al., 2020).

Faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* merupakan suatu variabel laten yang tidak dapat diukur secara langsung, tetapi harus diukur melalui indikatornya. Di sisi lain penggunaan variabel laten dalam regresi berganda biasa akan menyebabkan kesalahan pengukuran parameter. Faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* secara simultan, diduga dapat mempengaruhi penularan COVID-19, sehingga tidak memungkinkan dianalisis dengan regresi berganda biasa.

Pada saat ini telah berkembang pesat model analisis statistik *Structural Equation Modelling* (SEM) yang merupakan salah satu pemodelan statistika *multivariate* untuk mempelajari model hubungan antar variabel tidak bebas (*dependent variables*) dan variabel bebas (*independent variables*), baik yang teramati (*observed variables*) maupun yang tidak teramati (*unobserved variabel*) secara

simultan. Model analisis statistik ini mengkaji struktur hubungan dalam susunan sederetan persamaan regresi berganda yang tak terpisahkan tetapi saling berkaitan. Persamaan tersebut menggambarkan seluruh hubungan antar konsep konstruk-konstruk (*constructs*) yang dapat didefinisikan secara konseptual atau teoritis tetapi tidak dapat diamati atau diukur secara langsung (*latent concepts*). Meskipun konstruk tidak dapat diamati secara langsung, tetapi harus dapat diukur dengan pendekatan variabel-variabel indikatornya yang dapat diamati atau seperti suatu faktor dalam analisis faktor. Oleh karena itu, SEM dikenal sebagai perpaduan antara analisis regresi berganda dan analisis faktor secara terintegrasi.

Kajian ini menggunakan variabel lingkungan dengan tingkat rata-rata empat hari terakhir, untuk menangkap dampak polusi udara dan kondisi meteorologi. Hal ini dimaksudkan untuk melihat hubungan jangka pendek dari variabel lingkungan tersebut terhadap penularan COVID-19. Penggunaan tingkat rata-rata harian didasarkan pada peneliti lain bahwa rata-rata masa inkubasi adalah 4 hari dengan rentang waktu 2 hingga 7 hari (Guan, et al., 2020), serta pendapat WHO bahwa masa inkubasi COVID-19, yaitu waktu antara pajanan virus dan munculnya gejala, rata-rata adalah 5-6 hari dan paling lama 14 hari (WHO, 2020). Kemudian statistik dilanjutkan menggunakan metode SEM untuk mengetahui model prediksi atau pembuktian model dari indikator variabel lingkungan yaitu polusi udara (PM10) dan meteorologi serta faktor lain yang dianggap penting dalam proses penularan yaitu determinan sosial dan aktivitas *outdoor*.

Temuan dari kajian ini akan memberikan manfaat, baik secara akademisi maupun implikasi praksis terkait penularan COVID-19 berbasis lingkungan. Secara akademik, kajian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap kajian ilmu lingkungan, serta dapat memberikan penjelasan secara komprehensif tentang fenomena yang ada dikaitkan dengan teori-teori yang relevan mengenai pengaruh lingkungan terhadap penularan COVID-19 khususnya di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung. Selain itu, kajian ini diharapkan memberikan kontribusi literasi bahan kajian dan rujukan terkait penelitian sejenis pada masa yang akan datang. Secara praksis, hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada

pihak-pihak yang berkepentingan, serta hasil kajian ini nantinya diharapkan dari *data open access* seperti indikator ISPU serta kondisi meteorologi dapat diintegrasikan dalam memprediksi dan mencegah penularan COVID-19. Selain itu, kajian ini diharapkan memberikan literasi strategi mitigasi dari dampak pencemaran udara serta kondisi meteorologi untuk mencegah penyebaran dan mengantisipasi pandemi baru lainnya.

1.2 Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana gambaran determinan sosial pada kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
2. Bagaimana pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
3. Bagaimana hasil identifikasi model prediksi atau pembuktian model dari variabel antara faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh faktor lingkungan, serta hubungannya terhadap faktor lain

yang dianggap penting, diantaranya faktor determinan sosial dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran determinan sosial pada kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
2. Mengetahui pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
3. Mengetahui hasil identifikasi model prediksi atau pembuktian model dari variabel antara faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.

1.4 Kerangka Pemikiran

Peneliti sebelumnya berpendapat bahwa distribusi spasial infeksi virus Corona ini tidak dapat dijelaskan melalui model pandemi, jarak geografis, distribusi populasi dan usia (Setti, et al., 2020; Becchetti, et al., 2020; Travaglio, et al., 2020). Selain model penularan virusnya yang unik dan kebijakan pembatasan yang digunakan oleh pemerintah untuk membatasi pandemi COVID-19, kondisi meteorologi dianggap sebagai faktor pendukung penting lainnya yang dapat mempengaruhi penularan dan infeksi oleh virus tersebut (Bashir, et al., 2020; Fattorini & Regoli, 2020). Virus Corona dapat menyebar melalui pernapasan serta kontak erat dengan orang yang terinfeksi (Wang, et al., 2020). Setti, et al. (2020) berpendapat bahwa studi eksperimen lebih lanjut dapat mengkonfirmasi kemungkinan bahwa partikel dapat bertindak sebagai "pembawa" untuk virus dan bahkan penularan melalui udara melalui aerosol (Doremalen, et al., 2020). Sehingga hal ini sangat menarik

Kondisi meteorologi termasuk suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin juga dianggap sebagai faktor meteorologi yang penting dalam memprediksi penularan COVID-19 (Faeni, et al., 2019; Irawan, et al., 2020; Auler, et al., 2020; Bashir, et al., 2020). Demikian juga dengan pendapat Bi, et al. (2007); Casanova, et al. (2010); Chan, et al. (2011), bahwa suhu lingkungan berdampak terhadap kelangsungan hidup dan penularan virus Corona seperti MERS-CoV dan SARS-CoV. Literatur terbaru telah menegaskan kembali dampak penekanan suhu pada penularan COVID-19 berdasarkan sampel dari Brasil, Cina, dan negara lain (Prata, et al., 2020; Qi, et al., 2020; Wu, et al., 2020). Namun, peneliti lain telah menemukan hasil yang bertentangan (Auler, et al., 2020; Jahangiri, et al., 2020; Xie & Zhu, 2020; Iqbal, et al., 2020). Kemudian untuk parameter kelembaban menurut Casanova, et al. (2010), merupakan kontributor penting lainnya untuk penularan penyakit virus Corona.

Munculnya kasus COVID-19 di dunia memicu perdebatan luas tentang risiko penyebaran penyakit tersebut kaitannya dengan kondisi meteorologi dan partikel sebagai pembawa virus. Untuk mengetahui bentuk pemetaan riset dan mendapatkan celah dalam penelitian pada jurnal yang membahas meteorologi dan partikel yang dikaitkan dengan penularan COVID-19, peneliti menggunakan *Software Pubish or Perish* dan *Vos Viewer*, untuk lebih jelasnya dalam melakukan pemetaan riset ini dapat dilihat pada lampiran A.

1) Kerangka Teori

Teori yang digunakan merupakan modifikasi dari teori analisis kuantitatif menurut Hendrik L. Blum, dikutip dalam Pinontoan & Sumampouw (2019), teori segitiga epidemiologi atau model rantai penyakit infeksi (*the triangel model of infections*) dan *Theory of Planned Behavior*. Teori Hendrik L. Blum banyak digunakan dalam hal kaitannya penyakit yang berbasis lingkungan. Hendrik L. Blum dalam *Planning for Health, Development and Application of Social Change Theory* secara jelas menyatakan bahwa determinan status kesehatan masyarakat merupakan hasil interaksi domain lingkungan, perilaku dan genetika serta pelayanan kesehatan. Model segitiga epidemiologi digunakan untuk menggambarkan interaksi tiga

komponen penyakit yaitu manusia (*host*), penyebab (*agent*) dan lingkungan (*environment*). Suatu penyakit dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara faktor *host*, *agent* dan *environment*.

Dengan menggunakan teori modifikasi pradigma sehat Hendrik L. Blum dan model segitiga epidemiologi, disusunlah kerangka teori penelitian untuk memperjelas hubungan antara variabel sebagaimana yang tertera pada Gambar 1. Kerangka teori ini disusun dalam bentuk alur skema variabel-variabel yang menjelaskan tentang faktor-faktor yang diduga mempengaruhi penularan COVID-19. Menurut teori HL Blum, derajat kesehatan ditentukan oleh 40% faktor lingkungan, 30% faktor perilaku, 20% faktor pelayanan kesehatan, dan 10% faktor genetika (keturunan) (Kemenkes RI, 2020). Menurut teori segitiga epidemiologi, untuk menggambarkan interaksi tiga komponen penyakit yaitu manusia (*host*), penyebab (*agent*) dan lingkungan (*environment*) (Kemenkes RI, 2020).

Indikator faktor lingkungan yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya polusi udara, kondisi meteorologi, kepadatan penduduk, *surfaces* (permukaan atau benda) serta kondisi rumah. Menurut Doremalen, et al. (2020), partikel yang merupakan salah satu parameter polusi udara dapat bertindak sebagai pembawa untuk virus dan bahkan penularan dapat melalui udara atau aerosol. Interaksi gas-gas seperti *Sulfur dioxide* (SO₂), *Nitrogen oxide* (NO_x), *Carbon monoxide* (CO), *Hydrocarbon* (HC), *Ammonia* (NH₃) dan *Hydrogen sulfide* (H₂S) dengan komponen-komponen lainnya di udara yang akan membentuk partikel (*Particulate matter*). Aspek fisik lainnya yaitu kondisi meteorologi. Kondisi meteorologi termasuk suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin juga dianggap sebagai faktor atmosfer yang penting dalam memprediksi penularan COVID-19 (Faeni, et al., 2019; Irawan, et al., 2020; Auler, et al., 2020; Bashir, et al., 2020). Demikian juga dengan pendapat Bi, et al. (2007); Casanova, et al. (2010); Chan, et al. (2011), bahwa suhu lingkungan berdampak terhadap kelangsungan hidup dan penularan virus Corona seperti MERS-CoV dan SARS-CoV. Selain itu faktor lingkungan berupa kepadatan penduduk juga diduga berpengaruh terhadap banyaknya kasus terkonfirmasi COVID-19. Menurut Hayati

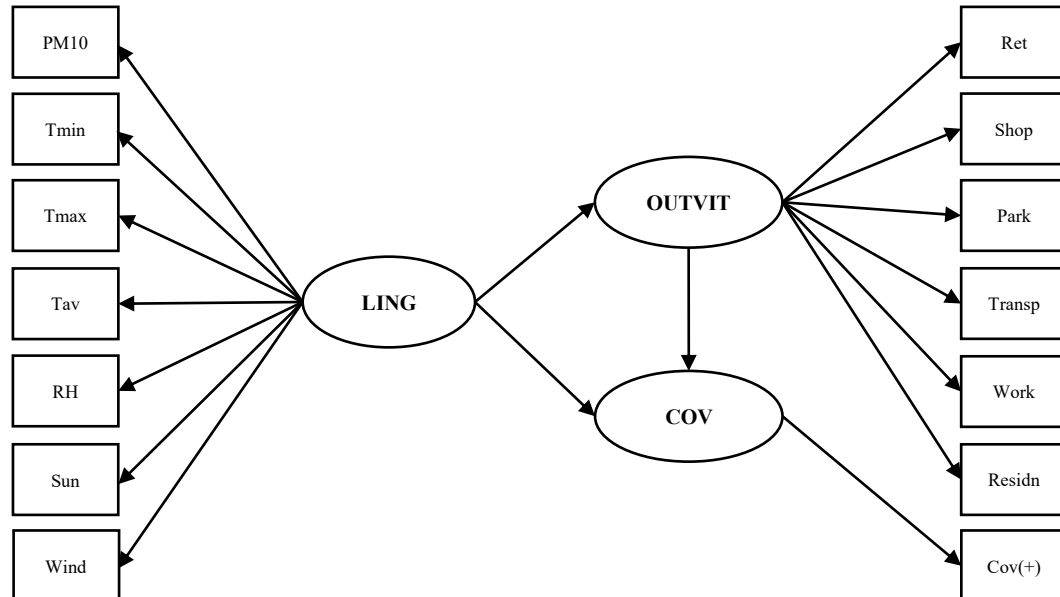
& Pawenang (2021), Tingkat kepadatan penduduk yang tinggi juga mempengaruhi persebaran dan peningkatan kasus positif COVID-19 karena adanya interaksi antar penduduk yang massif. Kemudian penularan melalui *surfaces* (permukaan atau benda) juga dapat mempengaruhi penularan kasus positif COVID-19. Menurut Xu, et al. (2020) kontak tidak langsung dapat terjadi ketika tetesan pernapasan yang mengandung COVID-19 jatuh di permukaan benda mati. Ketika jari yang terkontaminasi menyentuh mulut, hidung, serta mata, virus dapat berpindah dari permukaan ke selaput lendir. Kondisi rumah juga berperan dalam hal penularan COVID-19. Menurut Emaputra, et al. (2021), kondisi rumah yang baik sebaiknya memiliki ventilasi udara yang memungkinkan pergantian udara dari dan ke dalam rumah, jendela yang dapat ditembus oleh sinar matahari, pepohonan atau tanaman di sekitar rumah, pemisahan area publik dan *private* untuk mencegah virus dari luar masuk ke dalam rumah, dan wastafel untuk mencuci tangan sebelum masuk ke dalam ruangan. Bahkan masyarakat yang tidak memiliki ruang keluarga yang dilengkapi dengan jendela akan memiliki risiko 7-8 kali lebih tinggi untuk menderita ISPA.

Indikator faktor perilaku yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya; kontak erat, aktivitas *outdoor*, menggunakan *hand sanitizer* dan mencuci tangan pakai sabun (Hayati & Pawenang, 2021). Indikator faktor pelayanan kesehatan yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya; fasilitas rumah sakit atau instansi terkait dalam pemberian vaksin, ketersediaannya Alat Pelindung Diri (APD) (Kementerian Kesehatan RI, 2021). Indikator faktor genetik yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya faktor keturunan. Para peneliti mengungkapkan bahwa gen yang berisiko tinggi ada pada sekitar 60% orang Asia Selatan dan 15% orang keturunan Eropa, 2% orang Afrika-Karibia dan 1,8% orang keturunan Asia Timur. Indikator faktor manusia (*host*) yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya; imunitas spesifik tubuh, umur, jenis kelamin, pekerjaan dan pendidikan. Indikator faktor penyebab (*agent*) yang diduga dapat mempengaruhi kasus terkonfirmasi COVID-19 diantaranya; karakteristik varian virus COVID-19.

Menurut Nugroho & Rakhman (2021) aktivitas *outdoor* meliputi tempat-tempat seperti retail dan rekreasi, toko bahan makanan dan apotek, taman, pusat transportasi umum, tempat kerja serta area permukiman. Retail dan rekreasi merupakan aktivitas *outdoor* yang meliputi tempat-tempat seperti restoran, kafe, pusat perbelanjaan, taman hiburan, museum, perpustakaan, dan bioskop. Toko bahan makanan dan apotek meliputi supermarket, toko grosir makanan, pasar tradisional, toko makanan khusus, toko obat, dan apotek. Taman meliputi taman nasional, pantai umum, dermaga, taman hewan peliharaan, lapangan terbuka, dan taman umum. Pusat transportasi umum meliputi transportasi umum, misalnya stasiun KRL, terminal bus, dan stasiun kereta api. Tempat kerja hanya meliputi area tersebut dan area permukiman hanya meliputi area tersebut.

Faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi aktivitas *outdoor*. *Theory of Planned Behavior*. Teori tersebut cocok digunakan untuk mendeskripsikan perilaku apapun yang memerlukan perencanaan (Ajzen, 1988). Cuaca dapat mempengaruhi perilaku manusia dalam berbagai cara, terkadang cuaca dapat mempengaruhi perilaku manusia secara umum. Cuaca buruk cenderung dapat mengubah perilaku manusia untuk tetap berada di dalam rumah. Contohnya saat sedang terjadi hujan besar ataupun suhu ekstrim, hal tersebut dapat menjadi faktor yang dapat membuat aktivitas berbelanja menjadi kurang menarik, oleh karena itu, hal ini dapat berdampak negatif pada penjualan di toko ataupun minimarket (Murray, et al., 2010). Selain itu menurut Keller, et al. (2005), paparan polutan udara dapat mengurangi kemampuan kognitif, memori, dan mengganggu konsentrasi, menciptakan kebingungan. Oleh karena itu, orang enggan untuk melakukan aktivitas di luar ruangan atau terlalu lama berada di luar ruangan ketika kualitas udara sangat buruk. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Klimstra, et al. (2011), menemukan bahwa lingkungan dapat memengaruhi perilaku dan kegiatan manusia. Pendapat pakar psikologi lainnya seperti Barin & Byrne (1997), menjelaskan jika faktor lingkungan dapat menghambat aktivitas *outdoor* masyarakat. Hal ini juga diperkuat oleh Helmi (2019), yang berpendapat bahwa lingkungan berpengaruh terhadap bagaimana manusia berperilaku. Lingkungan fisik, baik polusi udara dan kondisi meteorologi dapat mempengaruhi perilaku manusia yang berkaitan dengan

kelembaban, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin); dan aktivitas *outdoor* seperti retail dan rekreasi, toko bahan makanan dan apotek, taman, pusat transportasi umum, tempat kerja serta area permukiman.



Gambar 2. Kerangka Konsep

Keterangan:

PM10 = ISPU-PM10

Tmin = Suhu minimum

Tmax = Suhu maksimum

Tav = Suhu rata-rata

RH = Kelembaban

Sun = Lamanya sinar matahari

Wind = Kecepatan angin

Ret = Retail dan rekreasi

Shop = Toko bahan makanan dan apotek

Park = Taman

Transp = Pusat transportasi umum

Work = Tempat kerja

Residn = Area permukiman

Cov(+) = Kasus terkonfirmasi COVID-19

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka konsep, maka disusun hipotesis yang merupakan jawaban sementara dari pertanyaan penelitian yaitu:

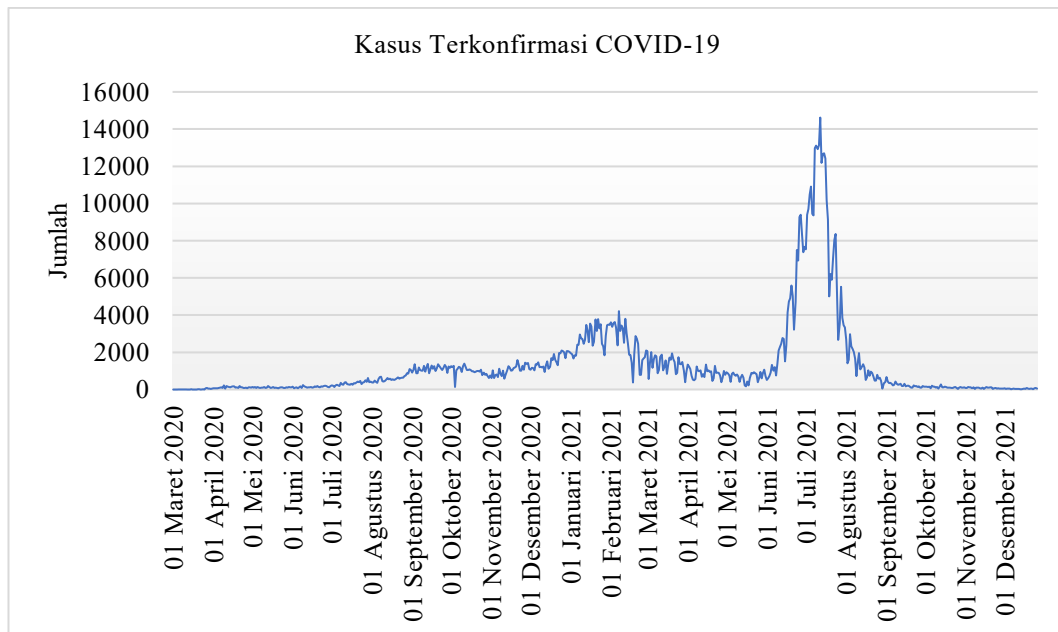
1. Terdapat pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
2. Didapatkannya hasil identifikasi model prediksi atau pembuktian model dari variabel antara faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021, yang meliputi
 - a. Terdapat pengaruh langsung faktor lingkungan terhadap kasus COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
 - b. Terdapat pengaruh langsung faktor lingkungan terhadap aktivitas *aoutdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
 - c. Terdapat pengaruh langsung aktivitas *aoutdoor* terhadap kasus COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.
 - d. Terdapat pengaruh secara tidak langsung faktor lingkungan terhadap kasus COVID-19 melalui aktivitas *aoutdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Coronavirus Disease-2019 (COVID-19)*

Pandemi merupakan wabah dari suatu penyakit yang dapat menyebar dengan cepat kepada manusia serta terjadi hampir seluruh wilayah di dunia yang melintasi batas internasional (Masrul, et al., 2020). Virus corona termasuk ke dalam keluarga besar virus yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia serta hewan. Seseorang yang terpapar oleh suatu virus, dapat menimbulkan infeksi pada saluran pernapasan, mulai dari flu ringan hingga penyakit yang serius seperti *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS). Virus corona bersifat zoonosis yaitu penyakit yang dapat ditularkan antara hewan dan manusia. Virus corona jenis baru yang ditemukan pada kejadian luar biasa di Wuhan-Cina, diberi nama *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-COV2), dan menyebabkan penyakit *Coronavirus Disease-2019* atau disingkat COVID-19.

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2021), seseorang yang terinfeksi virus COVID-19 memiliki beberapa gejala dan tanda diantaranya adalah demam dengan suhu tubuh mencapai 38 °C, batuk kering, serta sesak napas. Kemudian apabila seseorang yang dalam 14 hari sebelum muncul gejala tersebut terdapat riwayat perjalanan ke suatu daerah yang terjangkit, atau memiliki riwayat kontak erat dengan penderita COVID-19, maka orang tersebut diwajibkan melakukan pemeriksaan laboratorium guna memastikan diagnosisnya.



Gambar 3. Kasus Terkonfirmasi Kumulatif di Provinsi DKI Jakarta antara 1 Maret 2020 dan 31 Desember 2021.

Sumber: (Kementerian Kesehatan RI, 2021)

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia WHO (2021), *Coronavirus Disease-2019* (COVID-19) merupakan penyakit menular yang diakibatkan oleh adanya virus corona yang baru ditemukan. Orang yang terinfeksi virus tersebut akan mengalami gejala penyakit pernapasan dari ringan hingga sedang dan sebagian dapat sembuh tanpa memerlukan perawatan khusus. Orang lanjut usia serta orang-orang yang memiliki riwayat komorbid memungkinkan tertular COVID-19. COVID-19 merupakan jenis penyakit yang disebabkan oleh turunan Coronavirus. Sebelumnya, penyakit ini disebut 2019-novel Coronavirus atau disingkat 2019-nCoV. COVID-19 merupakan virus dengan jenis dan keluarga yang sama dengan SARS serta beberapa jenis virus flu biasa (UNICEF, 2021). Menurut Sun et al. (2020), COVID-19 termasuk penyakit Coronavirus zoonosis urutan ketiga yang diketahui setelah SARS dan MERS. Menurut Gennaro et al. (2020), penyakit COVID-19 ialah virus RNA. Virus ini memiliki RNA positif sebagai genomnya, sehingga disebut virus RNA. Virus tersebut jika dilihat menggunakan mikroskop, akan terlihat seperti mahkota. Bentuk mahkota tersebut ditandai oleh adanya protein S yang berbentuk sepatu (*spike protein*), yang tersebar di sekeliling permukaan virus. Protein S tersebut memiliki peran penting dalam proses infeksi virus terhadap manusia.

Xu et al. (2020), meyakini bahwa COVID-19 memiliki beberapa cara penyebaran, diantaranya:

1) Droplet

COVID-19 dapat menyebar melalui tetesan pernapasan. Hal ini terjadi ketika seseorang yang terdiagnosis COVID-19 bersin atau batuk sehingga orang di sekitarnya dapat menghirup droplet yang mengandung virus tersebut.

2) Kontak Langsung

Ditemukan bahwa 71,8 % populasi non-lokal memiliki riwayat COVID-19 karena kontak langsung dengan orang-orang dari Wuhan. Menurut laporan dari 475 rumah sakit, dari 2.055 staf medis yang terinfeksi COVID-19, lebih dari 1.800 berada di Hubei.

3) Kontak Tidak Langsung

Ini terjadi ketika tetesan pernapasan yang mengandung COVID-19 jatuh di permukaan benda mati. Ketika jari yang terkontaminasi menyentuh mulut, hidung, serta mata, virus dapat berpindah dari permukaan ke selaput lendir. Studi memperkirakan bahwa COVID-19 dapat bertahan hingga 5 hari pada temperatur udara 20 °C dan kelembaban 40-50 % dan dapat bertahan kurang dari 48 jam di udara kering, dan tingkat kelangsungan hidup akan menurun setelah 2 jam.

4) Penularan Tanpa Gejala (*Asimptomatik*)

Setidaknya dua kasus telah melaporkan infeksi tanpa gejala. Kasus-kasus ini secara historis terpapar pada pasien yang berpotensi tanpa gejala yang kemudian didiagnosis dengan COVID-19. Virus yang sebelumnya telah menyebar ke tiga anggota keluarga sehat lainnya. Dimungkinkan individu tidak diisolasi sampai gejala muncul, dan mungkin menjadi sumber penting virus seluler.

5) Menyebar Antar Keluarga

Penyebaran dalam kelompok keluarga sangat umum. Sebuah penelitian melaporkan bahwa 78-85 % kasus dalam kelompok besar disebabkan oleh transmisi militer di Sichuan dan Guangdong, Cina.

6) Transmisi Aerosol

Dalam lingkungan tertutup dengan ventilasi yang buruk, aerosol dapat bertahan

di udara selama 24-48 jam, dan jangkauan penyebarannya berkisar dari beberapa meter hingga puluhan meter. Namun, saat ini tidak ada bukti kuat penularan aerosol. WHO juga percaya bahwa rute ini perlu penyelidikan lebih lanjut.

7) Infeksi Mata

Menurut laporan, selama pemeriksaan di Wuhan pada 22 Januari 2020, seorang dokter tanpa pelindung mata terinfeksi. Penelitian lebih lanjut menemukan bahwa COVID-19 dapat dideteksi pada air mata dan sekret konjungtiva pasien COVID-19.

8) Penularan Fekal-Oral

Dilaporkan untuk pertama kalinya dalam kasus COVID-19 di Amerika Serikat. Studi selanjutnya mendeteksi SARS-CoV2 pada tinja dan penyeka dubur pasien COVID-19. Selain itu, bahkan ketika *viral load* tidak lagi terdeteksi di saluran pernapasan, 23,3 % pasien COVID-19 tetap positif COVID-19 SARS-CoV2 juga terdeteksi di epitel lambung, duodenum dan epitel dubur. Tidak ada cukup bukti untuk mendukung penularan vertikal karena sampel dari bayi baru lahir positif COVID-19 dan ibu negatif. Selain itu, tidak ada *viral load* yang terdeteksi di lingkungan vagina dan 35 pasien wanita, yang menunjukkan kurangnya bukti penularan COVID-19 secara seksual

Definisi operasional pada kasus COVID-19 di Indonesia mengacu pada panduan yang ditetapkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang mengadopsi dari WHO (Kemenkes RI, 2020).

1) Kasus Suspek

Salah satu kriteria yang dimiliki oleh seseorang yang teridentifikasi kasus suspek diantaranya; orang yang memiliki Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA), selama 14 hari terakhir memiliki riwayat perjalanan atau tinggal di negara/wilayah yang terpapar dengan tanpa timbul gejala; orang yang memiliki salah satu tanda/gejala ISPA dan sebelum munculnya gejala pada 14 hari terakhir mempunyai riwayat kontak dengan orang yang terkonfirmasi/*probable* COVID-19; dan orang yang mengalami ISPA berat/pneumonia berat dan membutuhkan perawatan di rumah sakit serta tidak ada penyebab lain

berdasarkan gambaran klinis yang meyakinkan.

2) Kasus *Probable*

Kasus ini merupakan suatu kasus dimana seseorang yang masih masuk dalam kategori suspek serta terdapat gejala ISPA berat, gagal napas, hingga meninggal dunia, namun belum adanya hasil pemeriksaan yang memastikan bahwa seseorang tersebut terkonfirmasi COVID-19.

3) Kasus Konfirmasi

Kasus konfirmasi COVID-19 merupakan seseorang yang telah dinyatakan positif terinfeksi virus Corona berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium berupa PCR. Kasus konfirmasi bisa terjadi pada orang dengan gejala virus Corona (*Simptomatik*) atau orang yang tidak mengalami gejala sama sekali (*Asimptomatik*).

4) Kontak Erat

Kontak erat merupakan kondisi dimana seseorang memiliki riwayat kontak dengan orang yang terkonfirmasi dan *probable*, baik kontak fisik secara langsung, bertatap muka dengan jarak kurang dari satu meter setidaknya selama 15 menit, atau merawat orang dengan status terkonfirmasi dan *probable*.

5) Pelaku Perjalanan

Seseorang yang telah melakukan perjalanan dari suatu wilayah dengan angka kasus COVID-19 yang tinggi, baik dari dalam maupun dari luar negeri, dalam waktu 14 hari terakhir.

6) *Discarded*

Istilah *discarded* menggambarkan seseorang dalam status suspek, namun hasil dalam pemeriksaan laboratorium menunjukkan hasil yang negatif dan sudah dilakukan sebanyak 2 kali secara berturut-turut dengan jeda waktu 2 hari. Istilah tersebut juga dipakai untuk menggambarkan kondisi seseorang dengan status kontak erat yang telah memenuhi masa karantinanya selama 14 hari.

7) Selesai Isolasi

Seseorang yang masuk dalam kategori selesai isolasi jika telah memenuhi salah satu kriteria berikut: seseorang terkonfirmasi COVID-19, namun tanpa adanya gejala (*Asimptomatik*) serta telah menjalani isolasi mandiri selama 10 hari setelah diketahui tes PCR menunjukkan hasil positif COVID-19;

kasus *probable* atau konfirmasi dengan gejala COVID-19 (*Simptomatik*) yang tidak dilakukan tes PCR, namun telah menjalani isolasi mandiri selama 10 hari setelah diketahui adanya gejala COVID-19 muncul dan telah sembuh dari gejala tersebut minimal 3 hari; dan kasus *probable* atau konfirmasi dengan gejala COVID-19 (*Simptomatik*) yang telah menjalani pemeriksaan sebanyak satu kali dengan hasil negatif serta tidak menunjukkan adanya gejala demam maupun gangguan pernapasan minimal 3 hari.

8) Kematian

Kasus kematian yang disebabkan oleh COVID-19 merupakan kondisi dimana seseorang memiliki kategori *probable* atau sudah dikonfirmasi COVID-19 yang kemudian dinyatakan telah meninggal dunia.

9) Komplikasi

Komplikasi paling utama yang terdapat pada pasien COVID-19 adalah *Acute Respiratory Distress Syndrome* (ARDS), selain ARDS, komplikasi lain yang dapat terjadi antara lain; *pneumomediastinum*, *rhabdomyolysis*, Koagulasi Intravaskular Diseminata (KID), syok sepsis, pneumotoraks, disfungsi hati, jejas kardiak, gangguan ginjal akut. (Kemenkes RI, 2020), juga memberikan daftar komplikasi yang terdapat pada pasien COVID-19, diantaranya; *stress ulcer* dan pendarahan saluran pencernaan, *catheter-related bloodstream*, tromboemboli vena, *Ventilator-Associated Pneumonia* (VAP), komplikasi akibat penggunaan Ventilasi Mekanik Invasif (IMV) yang lama, kelemahan akibat perawatan di ICU dan komplikasi lainnya selama perawatan pasien (Susilo, et al., 2020).

10) Komorbid

Menurut Kemenkes RI (2020), bahwa COVID-19 mudah menyerang pada pasien penderita komorbid atau penyakit penyerta, diantaranya: *tuberculosis*, *glucocorticoid-associated diabetes*, diabetes mellitus (diabetes mellitus tipe 1 dan tipe 2), *St Segment Elevation Myocardial Infarction* (STEMI), *Non-St-Segment Elevation Myocardial Infarction* (NSTEMI), penyakit ginjal, penyakit terkait geriatri, hipertensi, Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK), penyakit terkait autoimun, penyakit kronis lain yang diperberat oleh kondisi penyakit COVID-19.

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia WHO (2020), bahwa waktu antara pajanan virus dan munculnya gejala, rata-rata adalah 5-6 hari dan paling lama 14 hari. Karena itu, karantina sebaiknya dilakukan 14 hari sejak pajanan terakhir dengan kasus terkonfirmasi. Akan tetapi menurut peneliti lain bahwa rata-rata masa inkubasi adalah 4 hari dengan rentang waktu 2 sampai 7 hari (Guan, et al., 2020).

Implikasi dalam pencegahan transmisi virus COVID-19 salah satunya adalah membatasi kontak erat. Membatasi kontak erat antara orang yang terinfeksi dan orang lain sangat penting untuk memutus mata rantai transmisi virus penyebab COVID-19. Dalam upaya membatasi kontak erat serta menekan angka penularan COVID-19, pemerintah memutuskan untuk menetapkan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM). Penetapan level wilayah berpedoman pada Indikator Penyesuaian Upaya Kesehatan Masyarakat dan Pembatasan Sosial dalam Penanggulangan Pandemi COVID-19 yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan yang berdasar pada pedoman WHO (Kementerian Kesehatan RI, 2021). Penetapan level PPKM didasari atas sejumlah indikator yaitu jumlah kasus terkonfirmasi, jumlah kasus terkonfirmasi yang di rawat inap di rumah sakit dan jumlah kematian dari kasus terkonfirmasi COVID-19.

Penetapan level PPKM yang didasari indikator jumlah kasus terkonfirmasi. Maka berdasarkan Kementerian Kesehatan RI (2021), dalam menerapkan PPKM level 1, daerah harus memiliki kasus konfirmasi kurang dari 20 per 100.000 penduduk per minggu atau kurang dari 0,02 % dari jumlah penduduk per minggu. PPKM Level 2 diterapkan jika daerah memiliki kasus konfirmasi 20 sampai kurang dari 50 per 100.000 penduduk per minggu atau memiliki kasus 0,02 % sampai 0,05 % dari jumlah penduduk per minggu. PPKM Level 3 diterapkan jika daerah memiliki kasus konfirmasi 50 sampai kurang dari 150 per 100.000 penduduk per minggu atau memiliki kasus 0,05 % sampai 0,15 % dari jumlah penduduk per minggu. PPKM Level 4 diterapkan jika daerah memiliki kasus konfirmasi lebih dari 150 per 100.000 penduduk per minggu atau memiliki kasus lebih dari 0,15 % dari jumlah penduduk per minggu.

2.2 Polusi Udara

Udara merupakan campuran dari berbagai macam gas dan gas Nitrogen salah satu gas yang paling mendominasi. Campuran gas dan material ini secara alami masuk ke dalam udara melalui proses seperti dekomposisi, debu erosi, dan serbuk sari yang terbawa angin. Menurut Sunu (2001), udara adalah atmosfer di sekitar bumi dan memiliki fungsi yang sangat penting bagi kehidupan di bumi ini. Di udara terdapat Oksigen (O_2) untuk respirasi, Karbon Dioksida (CO_2) untuk fotosintesis dan Ozon (O_3) untuk menghalangi sinar ultraviolet matahari.

Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, definisi pencemar udara adalah suatu zat, energi, dan komponen lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya pencemar udara. Pencemar udara ini dapat berupa gas atau partikulat. Sektor transportasi memegang peranan yang sangat penting dalam pencemaran udara. Di kota-kota besar kontribusi emisi kendaraan bermotor sebagai sumber pencemaran udara mencapai 60-70 %, sedangkan kontribusi emisi cerobong industri hanya sekitar 10-15 %, selebihnya rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan dan lain-lain. Itu dari sumber pembakaran lainnya (Marlita, et al., 2014).

Udara yang terkontaminasi partikel dan gas dapat menyebabkan gangguan kesehatan terutama fungsi fisiologis organ seperti paru-paru dan pembuluh darah, serta dapat menyebabkan iritasi mata dan kulit. Polusi partikel dan debu sering menyebabkan penyakit pernapasan kronis seperti bronkitis kronis, emfisema, asma bronkial, dan kanker paru-paru. Polutan gas yang larut di udara masuk ke paru-paru langsung dari tubuh dan akhirnya diserap oleh sistem vaskular (Mukono, 2003). Partikel tersuspensi mengandung campuran heterogen padatan dan cairan yang bercampur di udara dan terus berubah ukuran dan komposisi kimianya. Partikulat termasuk polutan primer yang dilepaskan langsung ke atmosfer, seperti asap dari mesin diesel. Partikel sekunder termasuk Nitrat dan Sulfat karena pembentukan Asam Nitrat dan Sulfur Dioksida (SO_2) dihasilkan oleh psikokimia gas (Brook, et al., 2010).

Menurut KLHK RI (2015), Partikulat didefinisikan sebagai partikel-partikel halus yang berasal dari padatan maupun cairan yang tersuspensi di dalam gas (udara). Partikel padatan atau cairan ini umumnya merupakan campuran dari beberapa materi organik dan non-organik seperti asam (partikel nitrat atau sulfat), logam, ataupun partikel debu dan tanah. Sumber partikulat dapat berasal dari sumber alami maupun sumber antropogenik. Sumber alami termasuk aktivitas gunung berapi, debu, hutan, dan sebagainya. Sementara beberapa aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kegiatan industri maupun aktivitas kendaraan juga berkontribusi terhadap bertambahnya pencemar partikulat di udara. Kegiatan-kegiatan seperti konstruksi, penghancuran bangunan, dan jalan yang belum diaspal, juga interaksi gas-gas seperti *Sulfur dioxide* (SO_2), *Nitrogen oxide* (NO_x), *Carbon monoxide* (CO), *Hydrocarbon* (HC), *Ammonia* (NH_3), *Hydrogen Sulfide* (H_2S) dengan komponen-komponen lainnya di udara akan membentuk partikulat.

Ukuran partikel memegang peranan penting dalam menentukan lokasi menetapnya partikulat serta dampak yang ditimbulkan saat terhisap ke dalam paru-paru. Partikel yang cukup besar biasanya akan tersaring di hidung dan tenggorokan serta tidak menimbulkan efek yang berbahaya. Sementara partikel-partikel yang lebih kecil (*inhalable*) seperti PM_{10} atau $\text{PM}_{2,5}$ akan masuk lebih dalam ke sistem pernapasan manusia dan menyebabkan gangguan-gangguan pernapasan. PM_{10} adalah zat infeksi saluran pernapasan dan PM_{10} lebih penting daripada polutan udara lainnya karena partikel padat PM_{10} dapat mengendap di bronkus dan alveoli, menurut penelitian para ahli kesehatan masyarakat, PM_{10} dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian (Lu, et al., 2015).

Menurut Fardiaz (1992), partikel yang berdiameter lebih besar dari 10 mikron (PM_{10}) dihasilkan oleh proses mekanis seperti erosi angin, penghancuran, penyemprotan, dan penghancuran benda oleh kendaraan dan pejalan kaki. Partikel berdiameter antara 1 dan 10 mikrometer biasanya berasal dari tanah industri lokal, debu, dan produk pembakaran. Partikel dengan diameter antara 0,1 dan 1 mikrometer adalah emisi produk pembakaran fotokimia dan aerosol. Partikel berdiameter kurang dari 0,1 mikrometer belum dapat diidentifikasi secara kimia,

tetapi diperkirakan berasal dari sumber pembakaran. Ciri-ciri partikel di atmosfer adalah sebagai berikut:

1) Sifat mengendap

Partikel yang memiliki ukuran lebih dari 40 μm (tergantung kepadatan) mengendap tanpa mengambang di udara. Partikel-partikel yang tersuspensi secara permanen di udara juga memiliki laju sedimentasi, tetapi partikel-partikel ini tetap berada di udara karena adanya pergerakan udara.

2) Sifat Adsorbs

Kemampuan berfungsi sebagai adsorpsi (penyerapan fisik) atau kimisorpsi (penyerapan dengan interaksi kimia).

3) Sifat Absorpsi

Sifat adsorpsi ketika molekul teradsorpsi larut menjadi partikel, jenis adsorpsi ini sangat mempengaruhi bahaya partikel.

4) Sifat Optik

Sifat optik ini penting dalam menentukan efek partikel atmosfer pada radiasi matahari dan jarak pandang.

Partikel PM_{10} tidak terdeteksi di bulu hidung dan bisa masuk ke paru-paru. PM_{10} menumpuk di paru-paru sehingga menyebabkan kerusakan pada sistem jaringan paru-paru, radang saluran pernapasan, gangguan penglihatan, dan radang kulit. *Environmental Protection Agency* (EPA) mengklasifikasikan partikel menjadi beberapa bagian:

1) *Inhalable coarse particles*

Partikel kasar yang dapat terhirup biasanya ditemukan di dekat jalan raya dan lokasi industri. Ukuran partikel lebih besar dari 2,5 μm dan kurang dari 10 μm . Partikel ini biasa disebut PM_{10} .

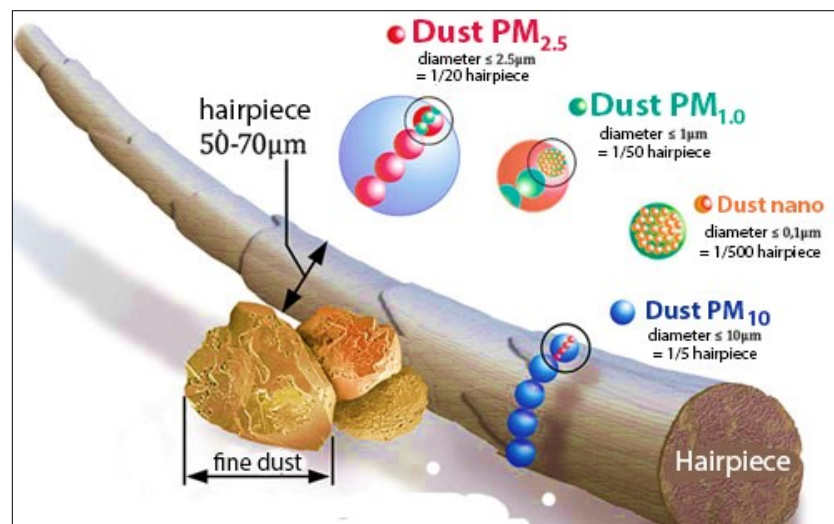
2) *Fine particles*

Partikel halus dalam asap dan kabut berdiameter kurang dari 2,5 μm . Partikel ini dikenal sebagai $\text{PM}_{2.5}$.

3) *Ultrafine particles*

Partikel ultra halus. Umumnya didefinisikan sebagai partikel yang lebih kecil dari 0,1 μm .

EPA membedakan $PM_{2.5}$ dari partikel halus dan kasar. Partikel debu ini berdiameter $2,5\ \mu m$, kurang dari $1/30$ dari diameter rambut manusia. Komposisi bubuk $PM_{2.5}$ mengandung sulfat, nitrat, senyawa organik, senyawa amonium, logam, asam, dan kontaminan lain yang dapat berbahaya bagi kesehatan. Partikel minimal kurang dari $2,5\ \mu m$ ($PM_{2.5}$) dapat masuk ke sistem pernapasan manusia hingga mencapai alveoli. Perbandingan rasio PM_{10} dan $PM_{2.5}$ di udara ambien telah dilaporkan di banyak negara di seluruh dunia, termasuk benua Eropa. Berdasarkan data dari 115 stasiun partikel, rasio konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2.5}$ adalah 0,65 dengan kisaran 0,42 hingga 0,82. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 (EPA, 2021).



Gambar 4. Ilustrasi Ukuran PM_{10} dan $PM_{2.5}$
Sumber : (EPA, 2021)

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020, tentang Indeks Standar Pencemar Udara, ISPU merupakan angka tanpa satuan, digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Khusus untuk daerah rawan terdampak kebakaran hutan dan lahan, informasi ini dapat digunakan sebagai *early warning system* atau sistem peringatan dini bagi masyarakat sekitar. Tujuan disusunnya ISPU agar memberikan kemudahan dari keseragaman informasi mutu udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan

pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara baik bagi pemerintah pusat maupun pemerintah daerah.

Pada tahun 2020, KLHK telah mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang merupakan pengganti dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Pada peraturan pengganti ini, tercantum bahwa perhitungan ISPU dilakukan pada 7 (tujuh) parameter yakni PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 , CO , O_3 , dan HC . Terdapat penambahan 2 (dua) parameter yakni HC dan $PM_{2.5}$ dari peraturan sebelumnya. Penambahan parameter tersebut didasari pada besarnya resiko HC dan $PM_{2.5}$ terhadap kesehatan manusia. Selain penambahan parameter, terdapat peningkatan frekuensi penyampaian informasi ISPU kepada publik. Hasil perhitungan ISPU parameter $PM_{2.5}$ disampaikan kepada publik tiap jam selama 24 jam. Hasil perhitungan ISPU parameter PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO , O_3 , dan HC disampaikan kepada publik paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) hari pada pukul 09.00 dan 15.00. Konversi nilai konsentrasi parameter ISPU dan cara perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Batas Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dalam Satuan SI

ISPU	24 Jam PM_{10} ($\mu g/m^3$)	24 Jam $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	24 Jam SO_2 ($\mu g/m^3$)	24 Jam CO ($\mu g/m^3$)	24 Jam O_3 ($\mu g/m^3$)	24 Jam NO_2 ($\mu g/m^3$)	24 Jam HC ($\mu g/m^3$)
50	50	15,5	52	4.000	120	80	45
100	150	55,4	180	8.000	235	200	100
200	350	150,4	400	15.000	400	1.130	215
300	420	250,4	800	30.000	800	2.260	432
> 300	500	500	1200	45.000	1.000	3.000	648

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020)

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan nilai ISPU batas atas, ISPU batas bawah, ambien batas atas, ambien batas bawah, dan konsentrasi ambien hasil pengukuran.

Persamaan matematika perhitungan ISPU sebagai berikut:

$$I = \frac{(I_a - I_b)}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

Keterangan:

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas (μm³)

X_b = Konsentrasi ambien batas bawah (μm³)

X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran (μm³)

ISPU ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Rentang ISPU dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Angka dan Kategori Rentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Angka Rentang Indeks	Kategori	Penjelasan
1 – 50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.
51 – 100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101 – 200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201 – 300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
≥ 300	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Sumber: (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020)

2.3 Kondisi Meteorologi

Meteorologi adalah ilmu yang berfokus pada proses fisik yang terjadi di atmosfer, seperti hujan, angin, dan suhu (Kartasapoetra, 2017). Dalam meteorologi, ada beberapa komponen kunci yang saling terkait:

1) Suhu Udara

Suhu merupakan salah satu elemen penting yang diperhatikan oleh BMKG. Distribusi suhu di atmosfer sangat bergantung pada radiasi matahari, sehingga suhu mengalami perubahan. Suhu permukaan adalah suhu pada ketinggian 1,25-2 meter di atas permukaan tanah (Fadholi, 2013). Suhu udara dapat diukur secara langsung dengan termometer air raksa. Ada dua jenis termometer air raksa, yaitu termometer maksimum dan termometer minimum. Yang dimaksud termometer maksimum ialah termometer air raksa dengan bukaan sempit untuk mencegah cairan jatuh setelah mengukur suhu udara terpanas. Termometer minimum ialah termometer yang dilengkapi dengan barbel kecil untuk menunjukkan suhu terdingin yang pernah diukur (Suryanto & Luthfian, 2016).

Selain termometer air raksa, termometer elektronik, radiometer (satelit) dan termometer bimetal juga dapat digunakan untuk pengukuran suhu udara. Termometer bimetal adalah termometer yang menggunakan prinsip pemuaian logam. Ketika logam memuai, logam menggerakkan jarum yang terdapat dalam gambar termal. Termometer cuaca yang baik harus ditempatkan minimal 1,5 meter sampai 2 meter dari permukaan bumi, dan terlindung dari suhu tinggi dan hujan, dan jauhkan dari gangguan seperti pohon, bangunan atau jalan (Suryanto & Luthfian, 2016).

2) Kelembaban Udara

Kelembaban adalah jumlah uap air di udara. Kelembaban udara di permukaan bumi bervariasi, pada umumnya kelembaban udara paling rendah di garis lintang 40° dan kelembaban udara paling tinggi di garis khatulistiwa. Kelembaban suatu daerah merupakan faktor yang dapat merangsang curah

hujan. Kelembaban suatu wilayah dan musim erat kaitannya dengan perkembangan organisme penyebab penyakit (Kartasapoetra, 2017).

Alat psikrometer yang terdiri dari termometer kering dan termometer basah digunakan untuk mengukur kelembaban udara. Dengan menggunakan rumus tertentu, perbedaan suhu antara bola kering dan bola basah dapat diubah menjadi kelembaban. Selain itu, higrometer juga dapat digunakan untuk pengukuran kelembaban. Termohigrometer dibagi menjadi tiga jenis: termohigrometer rambut, termohigrometer elektronik, dan termohigrometer inframerah. Prinsip kerja dari higrometer rambut adalah ketika kelembaban meningkat, rambut menjadi lebih panjang, dan ketika kelembaban berkurang, rambut menjadi lebih pendek. Prinsip kerja higrometer elektronik adalah bahwa resistansi batang karbon berubah dengan kelembaban. Prinsip kerja higrometer inframerah adalah uap air menyerap energi radiasi (Suryanto & Luthfian, 2016).

3) Angin

Angin adalah pergerakan horizontal massa udara dari satu tempat ke tempat lain, dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin memiliki arah dan kecepatan, dan arah angin dilihat dari tempat datangnya angin. Kedua angin tersebut disebabkan oleh pemanasan matahari di laut dan darat. Kecepatan angin dibagi menjadi beberapa tingkatan atau tingkatan, yaitu tenang, ringan, angin sangat lemah, angin lemah, sambaran, angin kencang sedang, angin kencang, angin kencang, angin ekstra kencang, badai, badai kuat (Kartasapoetra, 2017). Arah dan kecepatan angin dapat diukur dengan menggunakan anemometer dan baling-baling cuaca. Selain anemometer, radiosonde (balon cuaca yang dilengkapi dengan instrumen pengumpulan data), pelempar radar, dan satelit juga dapat digunakan untuk mengukur parameter angin (Suryanto & Luthfian, 2016).

4) Intensitas Cahaya

Tingkat stabilitas atmosfer harus diketahui untuk memperkirakan kemampuan atmosfer dalam menyebarkan polutan. Kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari merupakan faktor yang digunakan dalam penentuan kelas stabilitas. (Rahmawati, 1999).

Analisis suhu rata-rata wilayah Indonesia dari Januari hingga Maret 2020 secara umum menunjukkan nilai antara 27 °C dan 30 °C. Selain faktor musiman, rata-rata ruang termal antar daerah yang berfluktuasi juga dipengaruhi oleh faktor topografi. Ketinggian yang lebih tinggi biasanya memiliki suhu yang lebih rendah. Suhu rata-rata di Indonesia dari April hingga Juni 2020 antara 26 °C hingga 29 °C. Suhu dari Juli hingga September 2020 antara 26 °C dan 28 °C. Suhu rata-rata lebih rendah dari bulan lalu karena musim kemarau dimulai di Indonesia bagian selatan.

Musim kemarau di Indonesia identik dengan sedikitnya keberadaan awan. Sehingga dapat meningkatkan suhu permukaan di siang hari, tetapi turun tajam di malam hari dan terus turun hingga tengah malam di pagi hari. Oleh karena itu, jika mengambil nilai rata-rata harian, suhu rata-rata harian akan relatif lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Analisis kelembaban relatif dari Januari hingga Februari 2020 menunjukkan nilai 70-95 %. Daerah dengan kelembaban relatif kurang dari 85 % terdapat di Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara Timur.

Dari April hingga September 2020, pola spasial kelembaban di Indonesia diperkirakan akan berubah seiring waktu. Namun, periode ini umumnya diperkirakan sekitar 60-80 %. Kelembaban udara yang relatif lebih rendah daripada di wilayah lain di Indonesia biasanya terjadi di Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan Barat dan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Kepulauan Maluku.

2.4 Aktivitas *Outdoor*

Aktivitas *outdoor* mengacu pada pergerakan manusia (pribadi atau sekelompok orang) dari satu tempat ke tempat lain. Data aktivitas *outdoor* manusia dapat mencerminkan pola pergerakan manusia yang menunjukkan perilaku manusia saat melakukan aktivitasnya, seperti berjalan, mengemudi, bekerja, berada di ruang publik tertentu, menggunakan transportasi umum, dan lainnya. Pembatasan aktivitas *outdoor* manusia merupakan salah satu upaya nonfarmakologis, yang bertujuan untuk mengurangi interaksi sosial antar manusia dan pada akhirnya menghentikan perkembangbiakan virus. Para peneliti telah menyelidiki aktivitas *outdoor* manusia sebagai faktor penting yang mempengaruhi penyebaran penyakit (Changruenngam, et al., 2020). Di Amerika Serikat, pola aktivitas *outdoor* sangat berkorelasi dengan tingkat peningkatan kasus COVID-19 yang lebih rendah (Badr, et al., 2020). Sehingga pembatasan aktivitas *outdoor* manusia diduga merupakan strategi yang efektif untuk mengendalikan penularan virus.

Meski aturan pembatasan aktivitas *outdoor* manusia diberlakukan, masyarakat tetap perlu beraktivitas di luar atau di area publik. Beberapa orang harus tetap bekerja di luar, seperti bekerja di layanan publik yang tidak mungkin dilakukan dari rumah. Selain itu, masyarakat juga perlu pergi ke pasar atau pelayanan publik lainnya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Untuk alasan ini, sistem pemantauan untuk memantau, mengontrol, dan melacak pergerakan manusia di dalam area tertentu sangat diperlukan. Aktivitas *outdoor* yang dilakukan oleh masyarakat untuk manfaat dan tujuan tertentu.

Data terkait aktivitas *outdoor* manusia sangat penting untuk mendukung pembatasan pergerakan manusia. Data aktivitas *outdoor* manusia mencakup semua pergerakan dari satu titik ke titik lain yang dilakukan oleh manusia dalam aktivitasnya sehari-hari. Dewasa ini, dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat memungkinkan untuk mengumpulkan data pergerakan manusia dari berbagai sumber data. Misalnya, data mobilitas manusia dapat dikumpulkan dari perangkat

seluler berkemampuan GPS (misalnya, *smartphone*, tab, laptop), aplikasi media sosial, sensor yang diletakkan di pinggir jalan, dan data sinyal seluler.

Menurut Nugroho & Rakhman (2021), ada beberapa cara untuk mendapatkan data aktivitas *outdoor* masyarakat, tetapi ciri khas sumber-sumber data ini adalah sifatnya yang personal dan mudah diagregasi untuk membentuk data *crowd*. Data aktivitas *outdoor* bisa diperoleh dari data lokasi telepon seluler yang bersifat anonim. Data aktivitas *outdoor* juga dapat diperoleh dari matriks *Origin-Destination* (OD) yang dibangun dari data panggilan telepon seluler (*call detail records* – CDR). Metode ini digunakan untuk mendeteksi perubahan pola aktivitas *outdoor* penduduk dan pengaruhnya terhadap kegiatan ekonomi lokal. Cuitan (*tweets*) di *Twitter* juga dapat menjadi sumber data aktivitas *outdoor*. *Geotag* yang melekat pada setiap data cuitan dimanfaatkan untuk menentukan perpindahan lokasi pengguna, baik yang terjadi dalam hari yang sama, maupun pada hari yang berbeda. Sumber data aktivitas *outdoor* yang bersifat agregat pun dapat digunakan untuk karakterisasi kondisi pandemi yang terjadi, seperti yang dilakukan di Mexico yang menggunakan data COVID-19 *Community Mobility Reports* dari Google dan di China yang menggunakan data *mobility index Baidu*. Sementara kajian ini menggunakan sumber data teragregasi dari Google COVID-19 *Community Mobility Reports* untuk DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.

Aktivitas *outdoor* yang digunakan dalam kajian meliputi tempat-tempat seperti retail dan rekreasi, toko bahan makanan dan apotek, taman, pusat transportasi umum, tempat kerja serta area permukiman. Retail dan rekreasi merupakan aktivitas *outdoor* yang meliputi tempat-tempat seperti restoran, kafe, pusat perbelanjaan, taman hiburan, museum, perpustakaan, dan bioskop. Toko bahan makanan dan apotek meliputi supermarket, toko grosir makanan, pasar tradisional, toko makanan khusus, toko obat, dan apotek. Taman meliputi taman nasional, pantai umum, dermaga, taman hewan peliharaan, lapangan terbuka, dan taman umum. Pusat transportasi umum meliputi transportasi umum, misalnya stasiun KRL, terminal bus, dan stasiun kereta api. Tempat kerja hanya meliputi area tersebut dan area permukiman hanya meliputi area tersebut.

Kajian ini menduga bahwa faktor lingkungan seperti polusi udara, suhu, kelembaban, lamanya sinar matahari dan kecepatan angin dapat mempengaruhi aktivitas *outdoor*. Sebuah penelitian yang dilakukan Klimstra et al. (2011), menemukan bahwa lingkungan dapat memengaruhi perilaku dan kegiatan manusia, menurutnya keadaan cuaca dapat memengaruhi suasana hati tergantung dari jenis tipe manusia. Tipe manusia pecinta musim panas akan memiliki suasana hati yang lebih baik jika cuaca cerah dan suhu hangat. Sebaliknya, tipe pembenci musim panas justru akan lebih baik suasana hatinya ketika musim hujan. Pendapat pakar psikologi lainnya seperti Barin & Byrne (1997), menjelaskan jika faktor lingkungan dapat menghambat aktivitas *outdoor* masyarakat. Hal ini juga diperkuat oleh Helmi, (2019), yang berpendapat bahwa lingkungan berpengaruh terhadap bagaimana manusia berperilaku. Lingkungan fisik, baik polusi udara dan kondisi meteorologi dapat mempengaruhi perilaku manusia yang berkaitan dengan tren aktivitas *outdoor*, sebagai contoh suhu udara yang tinggi dan daerah yang memiliki polusi udara yang tinggi dapat menghalangi perilaku dalam beraktivitas *outdoor*.

2.5 Penelitian Sebelumnya

Studi Universitas Harvard adalah salah satu dari banyak yang menunjukkan bahwa polusi udara mempengaruhi tingkat kematian COVID-19. Para peneliti yang menganalisis 120 kota di China telah menemukan bahwa ada hubungan yang signifikan antara polusi udara dan infeksi COVID-19 dan kematian akibat virus corona di 66 wilayah Italia, Spanyol, Prancis, dan Jerman. 78 % di antaranya terjadi di 5 wilayah. Ada juga bukti dari wabah sebelumnya seperti SARS, yang juga merupakan virus corona, serta banyak infeksi pernapasan lainnya termasuk influenza, bahwa menghirup udara yang lebih tercemar meningkatkan risiko kematian.

Lebih lanjut, banyak penelitian independen yang dilakukan oleh kelompok peneliti dari berbagai negara menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat penting antara

infeksi COVID-19 dan polusi udara. Berikut ini adalah rangkuman hasil berbagai kelompok penelitian dalam studi laporan ini:

1) Hasil Penelitian Eropa

- a) Andree (2020), berpendapat bahwa risiko infeksi beberapa virus di udara telah terbukti meningkat dengan adanya paparan polusi udara jangka pendek partikel halus di sekitar yang dapat bertahan di udara untuk waktu yang lama, menempuh jarak yang jauh, dan menembus jauh ke dalam paru-paru.
- b) Setti et al. (2020), berpendapat bahwa studi eksperimental lebih lanjut dapat mengkonfirmasi kemungkinan bahwa partikel dapat bertindak sebagai "pembawa" untuk virus, memberikan efek dorongan untuk penyebaran infeksi virus, seperti yang telah ditunjukkan pada virus lain.
- c) Setti et al. (2020), menemukan bahwa tingkat kontaminasi partikulat yang lebih tinggi dapat menjelaskan tingkat infeksi yang lebih tinggi di beberapa bagian Italia utara sebelum *lockdown* diumumkan.
- d) National Statistics (2020), menemukan bahwa paparan mikropartikel dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko infeksi COVID-19 dan kematian hingga 7 % jika etnisitas tidak dikendalikan.
- e) Cole et al. (2020), menemukan bahwa di Belanda, di kota-kota dengan konsentrasi PM_{2.5} 1 g/m³, jumlah kasus COVID-19 meningkat 9,4 lebih banyak, jumlah rawat inap meningkat 3 kali lebih banyak dan jumlah kematian yang terjadi meningkat 2.3 kali lebih banyak.
- f) Ogen (2020), menemukan bahwa di mana 78 % kematian akibat virus corona di 66 wilayah administratif di Italia, Spanyol, Prancis, dan Jerman terjadi hanya di lima wilayah, dan ini merupakan wilayah yang paling tercemar.
- g) Conticini et al. (2020), menemukan bahwa tingkat kematian yang tinggi yang diamati di Italia utara berkorelasi dengan tingkat polusi udara yang lebih tinggi.
- h) Travaglio et al. (2020), menemukan bahwa tingkat polusi udara di Inggris berkorelasi dengan kasus dan kematian COVID-19 (Environmental Pollution, January 1, 2021).
- i) Coccia (2020), menemukan bahwa penyebaran cepat COVID-19 di Italia

utara erat kaitannya dengan polusi udara.

2) Hasil Penelitian China

- a) Zhu et al. (2020), menganalisis 120 kota di China dan setelah mengendalikan penyakit, menemukan hubungan yang signifikan antara polusi udara dan infeksi COVID-19.
- b) Wang et al. (2020), menemukan bahwa kontaminasi partikel berhubungan positif dengan peningkatan kasus COVID-19.
- c) Yao et al. (2020), menemukan bahwa polusi udara berhubungan positif dengan peningkatan kematian akibat COVID-19.
- d) Yang et al. (2020), menemukan bahwa pasien dengan infeksi COVID-19 parah yang membutuhkan perawatan intensif dan lainnya memiliki kemungkinan dua kali lebih besar untuk mengembangkan kondisi penyakit yang sudah ada sebelumnya, terutama penyakit jantung, stroke, dan penyakit paru-paru. Hal ini diketahui dapat disebabkan oleh adanya polusi udara.
- e) Tian et al. (2020), menemukan peningkatan 22 % dalam kasus COVID-19 pada tingkat kontaminasi Nitrogen Dioksida tertinggi dalam lima tahun sebelum pandemi ($10 \mu\text{m}/\text{m}^3$) dan infeksi pada tingkat kontaminasi partikel yang tinggi. Sementara tingkat polusi partikel kecil yang lebih tinggi mengalami peningkatan infeksi sebesar 15 %.

3) Hasil Penelitian Amerika Serikat

- a) Petroni et al. (2020), menemukan bahwa peningkatan paparan polutan udara berbahaya dikaitkan dengan peningkatan 9 % kematian akibat COVID-19.
- b) Wu et al. (2020), melaporkan bahwa polusi udara dan tingkat kematian COVID-19 meningkat sebesar 11 % untuk setiap $\mu\text{g}/\text{m}^3$ atmosfer yang tercemar.
- c) Liang et al. (2020), menemukan bahwa orang yang tinggal di komunitas dengan paparan jangka panjang terhadap emisi knalpot dikaitkan dengan tingkat kematian akibat COVID-19 yang lebih tinggi, dengan peningkatan paparan NO_2 sebesar 4,6 ppb (yang terutama berasal dari lalu lintas perkotaan) yang menghasilkan 11 % peningkatan angka kematian kasus

setelah mengendalikan faktor lain yang dapat meningkatkan risiko kematian akibat penyakit.

- d) Zhou et al. (2021), menemukan bahwa paparan PM2.5 tingkat tinggi dari kebakaran hutan pada tahun 2020 di 92 negara bagian di Amerika Serikat bagian barat dikaitkan dengan hampir 20.000 lebih banyak kasus virus corona dan 750 kematian.

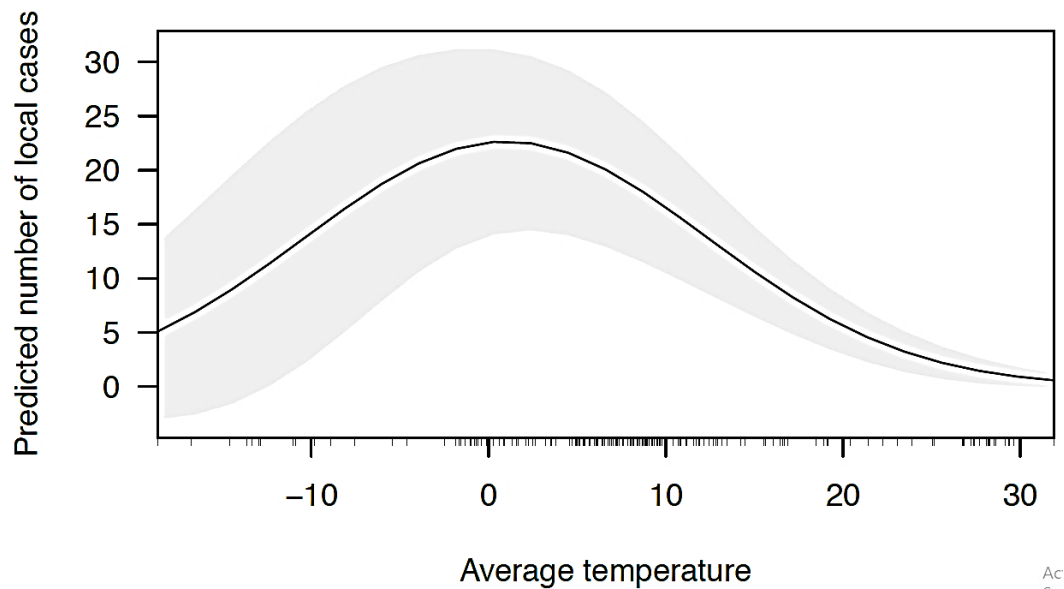
4) Hasil Penelitian Wabah Sebelumnya

- a) Cui et al. (2003), menemukan bahwa orang yang tinggal di daerah yang sangat tercemar di China dua kali lebih mungkin meninggal akibat SARS dibandingkan mereka yang tinggal di daerah udara.
- b) Chen et al. (2016), menemukan bahwa polusi udara dapat mempercepat penyebaran infeksi pernapasan.
- c) Selama wabah SARS 2003 Kan et al. (2005), menemukan bahwa peningkatan polusi udara partikulat meningkatkan risiko kematian akibat penyakit.
- d) Para peneliti telah menemukan bahwa beberapa virus, termasuk adenovirus dan virus influenza, dapat dibawa oleh partikel di udara. Zhao et al. (2019), menemukan bahwa partikel tersebut mungkin telah berkontribusi pada penyebaran flu burung pada tahun 2015.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa negara dengan garis lintang tinggi lebih rentan terhadap pandemi COVID-19 dibandingkan negara tropis (Araujo & Naimi, 2020; Sajadi, et al., 2020; Sun, et al., 2020; Chen, et al., 2020). Beberapa hasil penelitian oleh Chen et al. (2020) dan Sajadi et al. (2020) menunjukkan kondisi ideal untuk virus corona berada pada suhu sekitar 8-10 °C dengan kelembaban antara 60 % hingga 90 %.

Para peneliti telah menyimpulkan bahwa kombinasi suhu, kelembaban relatif, dan kecepatan angin memainkan peran penting dalam penyebaran COVID-19. Suhu rendah dan kering merupakan kondisi lingkungan yang menguntungkan bagi kelangsungan hidup virus (Sun, et al., 2020). Kajian oleh Banister-Tyrrell et al. (2020) diperoleh korelasi terbalik antara suhu (di atas 1 °C) dan jumlah peluang

kasus COVID-19 per hari. Mereka menunjukkan bahwa COVID-19 ditularkan secara optimal pada suhu yang sangat rendah ($1-9^{\circ}\text{C}$), artinya semakin tinggi suhu maka semakin rendah jumlah kasus suspek COVID-19 per hari, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Prediksi Jumlah Kasus COVID-19 Berdasarkan Suhu Rata-rata
Sumber: (Banister-Tyrrell, et al., 2020)

Gambar 5 merupakan prediksi jumlah kasus COVID-19 berdasarkan suhu rata-rata dari kasus pertama yang dilaporkan hingga 29 Februari 2020. Area abu-abu mewakili interval kepercayaan 95 % dari nilai prediksi. Dengan mengacu pada Gambar 5, dapat dipahami bahwa suhu antara $1-9^{\circ}\text{C}$ diprediksi terdapat kasus terkonfirmasi sebanyak 19 hingga 24 orang per hari dan diperkirakan suhu pada kisaran $10-19^{\circ}\text{C}$ terdapat kasus terkonfirmasi sebanyak 7 hingga 18 kasus per hari. Namun, kondisi ini tidak berlaku di Australia. Di Australia, lebih dari 5.000 orang terinfeksi COVID-19 dalam situasi musim panas (per 3 April 2020). Ini adalah jumlah kasus COVID-19 yang besar.

Menurut Kudo et al. (2019), daerah dengan iklim hangat, memiliki keterkaitan antara wabah virus influenza dengan berkurangnya kelembaban. Selain itu Wang et al. (2020), juga menjelaskan bahwa seperti halnya virus influenza, virus corona ini cenderung lebih stabil dalam cuaca dingin dan kering. Udara yang dingin dan kering

ini juga dapat melemahkan kekebalan tubuh inang, yang dapat membuat seseorang lebih rentan terhadap virus, sebagaimana studi oleh (Wang, et al., 2020). Sun et al. (2020), dijelaskan bahwa suhu rendah mempengaruhi sistem kekebalan tubuh manusia.

Hasil dari kajian antara COVID-19 dan kondisi meteorologi ini diperkuat dengan kajian yang dilakukan sebelumnya pada kasus SARS CoV (Chan, et al., 2011). Kajian pada kasus SARS CoV tersebut dijelaskan bahwa kondisi panas dan lembab pada udara memiliki efek sinergis terhadap inaktivasi virus corona. Studi oleh Chan et al. (2011) dalam kasus SARS CoV tersebut, tertulis bahwa virus pernapasan, terutama virus yang menempel di permukaan halus, dapat bertahan lebih dari 5 hari pada suhu 22-25 °C dengan kelembaban udara 40 % - 50 %, kondisi ini khas seperti ruangan yang ber-AC. Namun virus tersebut dapat cepat menghilang pada suhu dan kelembaban yang lebih tinggi (misalnya, 38 °C dengan kelembaban lebih dari 95 %).

Negara Indonesia yang memiliki iklim tropis dalam perkembangannya saat ini menunjukkan kerentanan yang cukup tinggi terpapar COVID-19. Hal ini diperkuat dengan adanya penelitian lain yang dilakukan oleh kelompok peneliti dari *Boston Children's Hospital* dengan menggunakan data penyebaran kasus COVID-19 di Tiongkok. Penelitian yang dilakukan pada 23 Januari hingga 10 Februari Tahun 2020 tersebut menunjukkan bahwa faktor tunggal kondisi cuaca saja tidak dapat menurunkan kasus COVID-19, tanpa implementasi dari intervensi kebijakan dalam kesehatan publik yang ekstensif (Luo, et al., 2020). Hal yang sama juga terlihat pada kasus COVID-19 di Indonesia. Karena kondisi cuaca dan iklim yang umumnya hangat dan lembab di Indonesia, kasus COVID-19 tidak mungkin berkembang. Sejak Januari hingga Februari 2020 lalu, wabah COVID-19 di Indonesia cenderung kurang ideal (fase 1). Namun, pada gelombang kedua Maret, kasus COVID-19 telah menyebar ke Indonesia dan jumlah kumulatif kasus mencapai 2000 pada 3 April 2020. Kronologi kejadian ini menunjukkan bahwa faktor "non-meteorologis" memainkan peran yang lebih besar di penyebaran penyakit COVID-19 pada fase 2 (mulai 2 Januari 2020). Fenomena ini

menunjukkan adanya transmisi infeksi dari manusia ke manusia dalam penyebaran penyakit COVID-19, seperti yang terjadi di Wuhan (Li, et al., 2020).

Variabel lain yang dianggap penting dalam mempengaruhi penularan COVID-19 adalah usia (kelompok umur), jenis kelamin, dan aktivitas *outdoor*. Berikut merupakan rangkuman hasil penelitian terkait penentuan pengambilan variabel perancu dalam studi laporan ini:

- a) Kelompok umur, menurut Fatmah (2006), dengan bertambahnya usia dapat diikuti dengan adanya penurunan fungsi dari sistem imun. Menurut Kementerian Kesehatan RI (2021), berdasarkan data global, anak yang terpapar COVID-19 dengan usia di bawah 18 tahun menunjukkan 99 % sembuh dibandingkan dengan kelompok usia dewasa atau 18 tahun ke atas. Sehingga pemerintah memberlakukan pentahapan prioritas penerima vaksin berdasarkan kelompok usia. Kelompok prioritas yang diberikan vaksin adalah kelompok dengan risiko kematian atau penyakit berat (komorbid) yaitu kelompok usia di atas 60 tahun, kemudian usia 18 tahun hingga usia di bawah 60 tahun dan tahap berikutnya adalah usia di bawah 18 tahun.
- b) Jenis kelamin, menurut Biswas (2020), perbedaan fisiologis dalam sistem imun antara laki-laki dan perempuan mempengaruhi kemampuan tubuh dalam menghadapi infeksi termasuk respon terhadap infeksi virus SARS-2Cov2.
- c) Kontak erat, menurut Kemenkes RI (2020), yang dimaksud dengan kontak erat adalah seseorang yang melakukan kontak fisik atau berada dalam ruangan atau berkunjung dengan 1 meter dengan pasien dalam pengawasan atau terkonfirmasi dalam 2 hari sebelum kasus timbul gejala dan hingga 14 hari setelah kasus timbul gejala. Virus corona dapat menyebar melalui pernapasan serta kontak erat dengan orang yang terinfeksi (Wang, et al., 2020).
- d) Tren mobilitas, menurut Firdaus & Wijayanto (2020), mobilitas masyarakat (aktivitas *outdoor*) berpengaruh terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19. Hal ini didukung juga oleh Nugroho & Rakhman (2021), bahwa mobilitas masyarakat (aktivitas *outdoor*) terbukti berpengaruh terhadap tingkat penyebaran, aspek mobilitas ini sering diangkat sebagai faktor penting dalam upaya pengendalian penyebaran penyakit menular.

Menurut Nugroho & Rakhman (2021), ada beberapa cara untuk mendapatkan data mobilitas masyarakat (aktivitas *outdoor*), tetapi ciri khas sumber-sumber data ini adalah sifatnya yang personal dan mudah disagregasi untuk membentuk data *crowd*. Data mobilitas (aktivitas *outdoor*) bisa diperoleh dari data lokasi telepon seluler yang bersifat anonim. Data mobilitas (aktivitas *outdoor*) juga dapat diperoleh dari matriks *Origin-Destination* (OD) yang dibangun dari data panggilan telepon seluler (*call detail records* – CDR). Metode ini digunakan untuk mendeteksi perubahan pola mobilitas (aktivitas *outdoor*) penduduk dan pengaruhnya terhadap kegiatan ekonomi lokal. Cuitan (*tweets*) di Twitter juga dapat menjadi sumber data mobilitas (aktivitas *outdoor*). *Geotag* yang melekat pada setiap data cuitan dimanfaatkan untuk menentukan perpindahan lokasi pengguna, baik yang terjadi dalam hari yang sama, maupun pada hari yang berbeda. Sumber data mobilitas (aktivitas *outdoor*) yang bersifat agregat pun dapat digunakan untuk karakterisasi kondisi pandemi yang terjadi, seperti yang dilakukan di Mexico yang menggunakan data Covid-19 *Community Mobility Reports* dari Google dan di China yang menggunakan data *mobility index* Baidu.

Penelitian ini berkontribusi pada literatur yang ada dengan cara berikut. Pertama, peneliti menyediakan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengidentifikasi dan menjelaskan apakah polusi udara (PM_{10}), kondisi meteorologi (suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin), faktor determinan sosial (usia dan jenis kelamin), faktor perilaku (aktivitas *outdoor*) mempengaruhi penularan kasus COVID-19 di DKI Jakarta dan Bandar Lampung. Hal ini berbeda dengan penelitian COVID-19 sebelumnya yang secara umum hanya sebagian terfokus pada efek partikel dan suhu yang tidak memiliki penjelasan variabel penduga lainnya. Kedua, jika dibandingkan dengan analisis berbasis provinsi, analisis di tingkat kota menurut peneliti lebih tepat dan aktual dalam mengidentifikasi, mengingat ukuran wilayah khususnya Provinsi Lampung sangat luas dengan perbedaan kadar polusi udara dan kondisi meteorologi yang nyata. Ketiga, Sejauh pengetahuan peneliti, ini adalah penelitian pertama yang melakukan analisis interaktif jangka pendek antara dampak polusi udara, kondisi meteorologi, faktor determinan sosial dan (aktivitas *outdoor*) terhadap penularan COVID-19 di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.

Keempat, tinjauan sistematis antara lingkungan dan COVID-19 memiliki beberapa batasan umum variabel yang hanya terfokus pada subjeknya saja tanpa menambahkan variabel lain yang dianggap penting, serta data yang dianalisis masih terlalu sempit, berbeda dengan penelitian ini menggunakan data yang luas dengan periode penelitian dari 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021. Kelima, membandingkan pengaruh beberapa variabel terhadap penularan virus Corona antara Ibukota Negara Republik Indonesia dengan kota lain di Indonesia yang belum pernah diteliti sebelumnya.

2.6 *Structural Equation Modelling (SEM)*

Structural Equation Modelling (SEM) merupakan generasi kedua teknik analisis *multivariate* yang memungkinkan peneliti untuk menguji hubungan antara variabel yang kompleks baik *recursive* maupun *nonrecursive* untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai suatu model. Tidak seperti analisis *multivariate* biasa (regresi berganda dan analisis faktor), SEM dapat melakukan pengujian secara bersama-sama yaitu; model struktural yang mengukur hubungan antara *independent* dan *dependent construct*, serta model *measurement* yang mengukur hubungan (nilai *loading*) antara variabel indikator dengan konstruk (variabel laten). Dengan digabungkannya pengujian model struktural dan pengukuran tersebut memungkinkan peneliti untuk menguji kesalahan pengukuran (*measurement error*) sebagai bagian yang tak terpisahkan dari *structural equation model*, serta melakukan analisis faktor bersamaan dengan pengujian hipotesis. Dalam model persamaan struktural (SEM) mengandung 2 jenis variabel yaitu variabel laten dan variabel teramati, 2 jenis model yaitu model struktural dan model pengukuran serta 2 jenis kesalahan yaitu kesalahan struktural dan kesalahan pengukuran (Ramadiani, 2010).

Perbedaan yang paling jelas nyata di antara SEM dan teknik multivariat lain adalah penggunaan dari hubungan terpisah untuk masing-masing perangkat variabel dependen. Dalam kondisi sederhana, SEM menaksir satu rangkaian terpisah yang

saling bergantung. Perbedaan yang lain adalah teknik statistika yang lain biasanya hanya memperhitungkan variabel-variabel yang dapat diukur secara langsung saja (*manifest variable*), padahal dalam ilmu sosial sering kali muncul variabel yang tidak dapat langsung diukur (*latent variable*). Pengukuran variabel laten tersebut perlu direpresentasikan dengan beberapa indikator. Munculnya variabel laten dikarenakan penelitian pada bidang-bidang sosial tidak memiliki alat ukur khusus. Oleh karena alasan tersebut, SEM ditawarkan sebagai teknik statistika yang memperhitungkan variabel manifest dan variabel laten.

Dewasa ini penggunaan SEM dalam penelitian sosial semakin banyak. Ada tiga alasan mengapa SEM banyak digunakan dalam penelitian yaitu; Penelitian umumnya menggunakan pengukuran-pengukuran untuk menjabarkan variabel laten; Para peneliti bidang sosial sangat tertarik terhadap prediksi. Dalam melakukan prediksi tidak hanya melibatkan model dua variabel, tapi dapat melibatkan model yang lebih “rumit” berupa struktur hubungan antara beberapa variabel penelitian; SEM dapat melayani sekaligus suatu analisis kualitas pengukuran dan prediksi. Khususnya dalam model-model variabel laten.

SEM memiliki beberapa istilah dasar diantaranya :

- 1) Variabel Laten merupakan variabel-variabel yang tidak terobservasi (*unobservable variables*) yang hanya dapat diamati secara tidak langsung melalui efeknya pada variabel teramati. Variabel laten merupakan variabel kunci dalam SEM. Dalam sebuah model SEM, sebuah variabel laten dapat berfungsi sebagai variabel eksogen atau variabel endogen. Variabel eksogen (ξ , “ksi”) merupakan variabel bebas dengan atau tanpa variabel penyebab sebelumnya. Variabel eksogen ditunjukkan dengan adanya anak panah yang berasal dari variabel tersebut menuju variabel endogen. Variabel endogen (η , “eta”) merupakan variabel tak bebas (perantara) yang dapat sebagai efek dari variabel eksogen lainnya yang merupakan penyebab terhadap variabel-variabel perantara lainnya dan variabel variabel tergantung, serta dapat berfungsi sebagai variabel-variabel tergantung sebenarnya. Variabel endogen ditunjukkan dengan adanya anak panah yang menuju variabel tersebut. Variabel laten dalam SEM disimbolkan dengan bulatan oval.

- 2) Variabel teramati merupakan Variabel yang dapat diamati (*observable variable*) atau diukur (*measured variable*) secara empiris dan sering disebut sebagai variabel manifest atau indikator. Variabel ini merupakan efek dari variabel laten. Variabel yang merupakan efek dari variabel eksogen dilambangkan X sedangkan variabel yang merupakan efek dari variabel endogen dilambangkan dengan Y. Variabel ini adalah variabel yang datanya harus dicari melalui penelitian lapangan misalnya survey. Simbol dari variabel ini adalah bujur sangkar atau kotak.
- 3) *Path Diagram* adalah representasi grafis mengenai bagaimana beberapa variable pada suatu model berhubungan satu sama lain yang memberikan suatu pemandangan menyeluruh mengenai stuktur model.
- 4) Variabel *eksogen* adalah variabel penyebab, variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Variabel *eksogen* memberikan efek kepada variabel lainnya. Dalam diagram jalur, variabel *eksogen* ini secara eksplisit ditandai sebagai variabel yang tidak ada panah tunggal yang menuju ke arahnya dan setiap variabel *eksogen* selalu variabel *independen*.
- 5) Variabel *Endogen* adalah variabel yang dijelaskan oleh variabel *eksogen*. Variabel *endogen* adalah efek dari variabel *eksogen*. Dalam diagram jalur, variabel endogen ini secara eksplisit ditandai oleh kepala panah yang menuju ke arahnya dan setiap variabel *endogen* selalu variabel *dependen*.
- 6) Variabel *error* didefinisikan sebagai kumpulan variabel-variabel *eksogen* lainnya yang tidak dimasukkan dalam sistem penelitian yang dimungkinkan masih mempengaruhi variabel *endogen*.
- 7) Variabel independen adalah tipe variabel yang menjelaskan atau mempengaruhi variabel yang lain
- 8) Variabel *dependen* adalah tipe variabel yang dijelaskan atau dipengaruhi oleh variabel *independen*.

Secara umum, sebuah model SEM dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu; *Measurement model* adalah bagian dari model SEM yang menggambarkan hubungan antara variabel laten dengan indikator-indikatornya; *Structural model* adalah bagian dari model SEM yang menggambarkan hubungan antara variabel-

variabel laten atau antar variabel eksogen dengan variabel laten.

Saat ini sudah tersedia berbagai macam software untuk olah data SEM diantaranya adalah LISREL, AMOS dan Smart PLS dengan masing-masing kelebihan dan kekurangannya.

1) AMOS

AMOS merupakan software statistika yang dikembangkan oleh IBM. Software Amos dikhususkan untuk membantu menguji hipotesis hubungan antar variabel baik antara variabel laten maupun dengan variabel manifest. Seberapa signifikan hubungan antara variabel, dan seberapa besar nilai t model hipotesis dibandingkan dengan data riil lapangan. Kelebihan Amos adalah tidak memerlukan *syntax* atau bahasa pemrograman yang rumit. Melalui Amos, cukup menggambarkan variabel laten dan variabel manifest, lalu menghubungkannya melalui panah-panah yang tersedia. Ketika model sudah kompleks, penggambaran variabel-variabel tidak menjadi efisien dan akan lebih mudah dilakukan melalui bahasa pemrograman atau *syntax* dengan mengganti beberapa variabel.

2) Smart PLS

Smart PLS atau *Smart Partial Least Square* adalah software statistik yang sama tujuannya dengan Lisrel dan AMOS yaitu untuk menguji hubungan antara variabel, baik sesama variabel laten maupun dengan variabel indikator, atau manifest. Penggunaan Smart PLS sangat dianjurkan ketika menghadapi keterbatasan jumlah sampel sementara model yang dibangun kompleks dan dapat mengolah data baik untuk model SEM *formatif* ataupun *reflektif*. Secara statistik, konsekuensinya adalah tidak akan ada nilai error pada variabel indikator. Software PLS hanya dikhususkan untuk melakukan olah data SEM dengan sampel kecil.

3) LISREL (*Linier Structural Relationship*)

Lisrel dikembangkan oleh Karl Jöreskog and Dag Sörbom. Lisrel adalah software statistik yang digunakan paling meluas di kalangan peneliti maupun praktisi. Lisrel dapat mengidentifikasi hubungan antara variabel yang kompleks. Cara mengoperasikannya yang terdiri dari berbagai pilihan, yaitu melalui program *syntax*

maupun dengan program sederhana simplis. Pilihan berbagai metode estimasi sudah tersedia di Lisrel, sehingga tidak terpaku kepada satu metode estimasi *Maximum Likelihood* tergantung kondisi data yang akan digunakan. Kekurangan dari software Lisrel ini adalah ketidakmampuannya mengolah data SEM dengan jumlah sampel yang sedikit. Ketika sampel kurang dari 200, sementara modelnya kompleks, maka bisa saja hasil estimasi tidak sesuai dengan harapan.

Analisis LISREL dikembangkan oleh Joreskog, Keesling dan Wiley. Ide dasar pengembangan analisis LISREL adalah mencari fungsi penduga parameter-parameter dalam persamaan struktural yang menghasilkan matriks koragam sampel S sama dengan matriks koragam populasinya $\Sigma(\theta)$ agar menghasilkan penduga-penduga θ yang konsisten, maka harus di didefinisikan fungsi penduga $F(S, \Sigma(\theta))$ yang memiliki sifat-sifat :

- 1) $F(S, \Sigma(\theta))$ adalah skalar
- 2) $F(S, \Sigma(\theta)) \geq 0$
- 3) $F(S, \Sigma(\theta)) = 0$ jika dan hanya jika $\Sigma(\theta) = S$ dan
- 4) $F(S, \Sigma(\theta))$ kontinu di S dan $\Sigma(\theta)$

Fungsi penduga yang memiliki sifat-sifat diatas dapat diperoleh apabila peubah-peubah pengamatan pada modelnya memenuhi asumsi menyebar normal ganda. Penyimpangan terhadap asumsi sebaran normal ganda tersebut dapat menyebabkan pendugaan menjadi lemah dan pengujian hipotesisnya menjadi salah. Agar asumsi sebaran normal ganda terpenuhi, maka ukuran sampel yang digunakan sebaiknya lebih dari 100. Model LISREL terdiri dari dua model persamaan, yaitu model struktural dan model pengukuran.

Model struktural pada model LISREL:

$$H = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (1)$$

Model pengukuran pada model LISREL:

$$y = \Lambda_y\eta + \varepsilon \quad (2)$$

$$x = \Lambda_x\xi + \delta \quad (3)$$

dengan asumsi:

$E(\xi) = 0$, $E(\varepsilon) = 0$, $E(\delta) = 0$, $\text{cov}(\xi, \zeta) = 0$, $\text{cov}(\varepsilon, \eta) = 0$, $\text{cov}(\delta, \xi) = 0$ dan

matriks B nonsingular.

η adalah vektor ($p \times 1$) peubah laten endogen.

ξ adalah vektor ($q \times 1$) peubah laten eksogen.

B adalah matriks ($p \times p$) koefisien lintas antar peubah laten endogen.

Γ adalah matriks ($p \times q$) koefisien lintas antara peubah laten endogen dengan peubah laten eksogen.

y adalah vektor ($r \times 1$) peubah manifes dan peubah laten endogen.

x adalah vektor ($s \times 1$) peubah manifes dan peubah laten eksogen.

Λ_y adalah matriks ($r \times p$) koefisien lintas antara peubah laten endogen dengan peubah manifesnya.

Λ_x adalah matriks ($s \times q$) koefisien lintas antara peubah laten eksogen dengan peubah manifesnya.

ζ adalah vektor ($p \times 1$) sisaan model struktural.

ε adalah vektor ($r \times 1$) sisaan model pengukuran antara peubah laten endogen dengan peubah manifesnya.

δ adalah vektor ($s \times 1$) sisaan model pengukuran antara peubah laten eksogen dengan peubah manifesnya.

Dalam pendugaan analisis struktural koragam, nilai awal parameter bebas dipilih supaya menghasilkan dugaan matriks koragam populasi Σ dari model konvergen terhadap matriks koragam sampel S . Perbedaan kedua matriks tersebut diharapkan relatif kecil agar menghasilkan penduga-penduga θ yang konsisten.

Matriks koragam populasi dari LISREL tidak dapat diduga secara langsung karena η dan ξ bukan merupakan peubah pengamatan dari suatu hasil pengukuran. Pendugaan matriks koragam populasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode pendugaan melalui beberapa tahapan. Metode pendugaan yang sering digunakan dalam pemodelan persamaan struktural yaitu *maximum likelihood (ML)*, *unweighted least squares (ULS)*, dan *weighted least squares (WLS)*.

- a. *Maximum likelihood (ML)* merupakan penduga terbaik yang memiliki sifat tak bias dan ragam minimum tetapi *maximum likelihood* (cenderung) tidak konsisten.

- b. *Weighted least squares (WLS)* adalah metode pendugaan yang tidak memerlukan asumsi normalitas data serta memiliki sifat penduga yang konsisten; dan
- c. *Unweighted least squares (ULS)* memiliki sifat penduga yang konsisten dan tak bias serta untuk melakukan prosesnya relatif cepat karena kesederhanaan metode ini, tetapi penduga ULS bukan merupakan penduga yang efisien untuk data yang besar.

Tahapan dalam Analisis Lisrel:

1) Spesifikasi model

Pada tahap ini, sebuah model dengan berdasar teori, hipotesis atau penelitian sebelumnya yang dibuat, baik dalam bentuk *equation* (persamaan-persamaan matematis) maupun dalam bentuk diagram (gambar). Diagram akan memasukkan *measurement model* dan *structural model*.

2) Identifikasi model

Identifikasi model perlu dilakukan sebelum model diestimasi untuk menjamin varian-kovarian variabel teramati mempunyai cukup informasi untuk mengestimasi parameter yang tidak diketahui. Dengan perkataan lain, model yang akan diestimasi harus dapat diidentifikasi atau punya status diidentifikasi yang tepat. Dalam mengidentifikasi model, periksa kategori model SEM yang akan diduga parameternya:

- *Under-Identified*: model dengan jumlah parameter yang diduga lebih besar dari jumlah data yang diketahui (datanya berupa varian dan kovarian dari variabel)
- *Just-Identified*: model dengan jumlah parameter yang diduga sama dengan besar dari jumlah data yang diketahui
- *Over-Identified*: model dengan jumlah parameter yang diduga lebih kecil dari jumlah data yang diketahui

3) Estimasi model

Setelah model dispesifikasi, kemudian dipilih metode estimasi yang sesuai. Metode estimasi yang sering digunakan dalam pendugaan model SEM adalah metode

kemungkinan maksimum (*maximum likelihood*) dan *weighted least square*. Untuk sampel di bawah 500 biasanya menggunakan metode kemungkinan maksimum *likelihood* (ML) dengan data yang digunakan biasanya bersifat *continuous* namun tidak sedikit pula yang menggunakan data ordinal yang telah dinormalisasikan. Setiap estimasi yang dilakukan, ditinjau dengan berpedoman pada *goodness of fit* (GOF). Pemeriksaan terhadap hasil estimasi dilakukan untuk melihat kemungkinan adanya estimasi yang mengganggu, yaitu nilai-nilai yang tidak masuk akal atau anomali yaitu nilai $t < 1,96$ atau nilai standar solusi > 1.00 .

4) *Goodness-of-Fit*

Uji kecocokan model dilakukan untuk menilai apakah data yang dikumpulkan konsisten dan cocok dengan model. Jika model tidak cocok dengan data maka perlu dicari penyebabnya pada model, dan dicari cara untuk memodifikasi model tersebut agar diperoleh kecocokan data yang lebih baik. Jika model sudah cocok dengan data, berarti model tersebut sudah benar dan baik menurut *Goodness-of-Fit*. Untuk mengevaluasi kesesuaian atau kecocokan antara model, dilakukan uji Chi-square. Makin meningkat nilai X^2 makin mengarah pada penolakan model. Secara parsial, bagian model bisa dievaluasi dg uji-t dan koefisien determinasi R^2 . *Goodness of Fit Index* (GFI), bernilai di antara 0 hingga 1. Semakin mendekati 1, menunjukkan kecocokan model.

5) Respesifikasi model

Bila model awal kurang sesuai maka model direspesifikasi atau dimodifikasi dan selanjutnya diuji kembali untuk data yang sama.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Universitas Lampung. Penelitian dilakukan pada Bulan Agustus 2021 hingga Juni 2022 mulai dari persiapan, pengumpulan data, pengolahan data dan penyusunan hasil penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, komputer dan *software* statistik. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data dengan periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021, diantaranya; laporan kasus terkonfirmasi COVID-19 termasuk data usia, jenis kelamin dan kontak erat dari Dinas Kesehatan, laporan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH), laporan data kondisi meteorologi (suhu, kelembaban, lamanya sinar matahari, kecepatan angin) dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), serta laporan tren mobilitas (aktivitas *outdoor*) dari *Community Mobility Reports* COVID-19.

3.3 Metode

Metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif deskriptif (analisis *univariat*), inferensial (analisis *bivariat*) dan *multivariat* yang menggunakan

pendekatan analisis data sekunder. Pengambilan data paparan yang digunakan pada kajian ini berdasarkan pada pengukuran dari stasiun pemantauan kualitas udara dan meteorologi.

1) Populasi Penelitian

Populasi yang digunakan yaitu data harian kasus terkonfirmasi COVID-19 pada periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021.

2) Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semua orang yang terkonfirmasi COVID-19 pada periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021 di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi subjek penelitian adalah semua sampel yang terinfeksi COVID-19 dan bertempat tinggal di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung periode 1 Maret 2020 hingga 31 Desember 2021, sedangkan kriteria eksklusi adalah tidak tersedianya data pengamatan.

3) Variabel Penelitian

Variabel dependen atau variabel terikat dalam penelitian ini adalah kasus terkonfirmasi COVID-19. Variabel independen atau variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Particulate Matter* (PM₁₀), suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari, kecepatan angin dan aktivitas *outdoor*.

4) Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional penelitian secara rinci tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Definisi Operasional Variabel

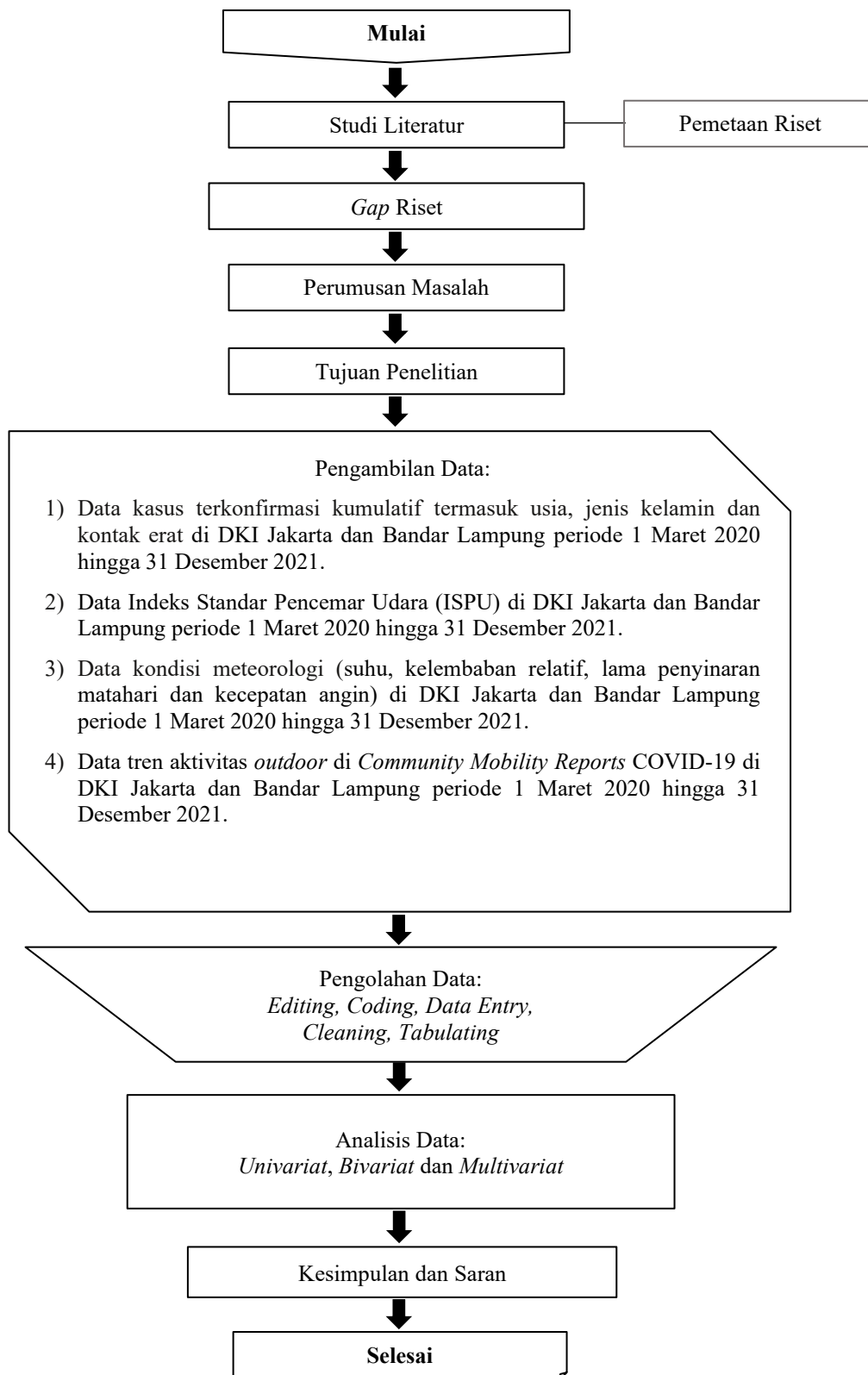
No.	Variabel	Definisi Operasional	Skala Pengukuran	Hasil Pengukuran	Akuisisi Data
1	Kasus Terkonfirmasi COVID-19	Populasi yang terinfeksi COVID-19 dari laporan kasus terkonfirmasi COVID-19 di Dinas Kesehatan	Numerik	Jumlah kasus terkonfirmasi COVID-19 harian	Laporan kasus terkonfirmasi COVID-19 di Dinas Kesehatan
2	Usia	Usia populasi yang dihitung sejak lahir hingga terkonfirmasi kasus COVID-19.	Kategorik	1. < 18 tahun 2. 18-60 tahun 3. > 60 tahun	Laporan kasus terkonfirmasi COVID-19 di Dinas Kesehatan
3	Jenis Kelamin	Status gender yang dibawa sejak lahir.	Kategorik	1. Laki-laki 2. Perempuan	Laporan kasus terkonfirmasi COVID-19 di Dinas Kesehatan
4	Polusi Udara (PM ₁₀)	Partikel kecil yang berasal dari padatan atau cairan yang tersuspensi dalam gas (udara) berdiameter kurang dari 10µm yang dinyatakan dalam skala Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).	Numerik	Data ISPU-PM10 harian	Laporan Indeks Standar Pencemar Udara - PM10 di Dinas Lingkungan Hidup
5	Suhu Minimum	Suhu minimum yang terjadi pada kurun waktu 24 jam.	Numerik	Data suhu udara minimum harian	Laporan data suhu udara di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
6	Suhu Maksimum	Suhu tertinggi yang terjadi pada kurun waktu 24 jam.	Numerik	Data suhu udara maksimum harian	Laporan data suhu udara di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

No.	Variabel	Definisi Operasional	Skala Pengukuran	Hasil Pengukuran	Akuisisi Data
7	Suhu Rata-rata	Rata-rata suhu yang diamati selama 24 jam secara terus-menerus.	Numerik	Data suhu udara rata-rata harian	Laporan data suhu udara di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
8	Kelembaban	Konsentrasi kandungan dari uap air yang ada di udara yang dinyatakan dalam % RH.	Numerik	Data kelembaban udara harian	Laporan data kelembaban udara di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
9	Lamanya Sinar Matahari	Durasi penyinaran matahari pada kurun waktu 24 jam.	Numerik	Data lamanya penyinaran matahari harian	Laporan data lamanya penyinaran matahari udara di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
10	Kecepatan Angin	Satuan yang mengukur kecepatan aliran udara dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.	Numerik	Data kecepatan angin harian	Laporan data kecepatan angin di Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika
11	Aktivitas <i>Outdoor</i>	Aktivitas luar ruangan yang dilakukan oleh masyarakat untuk manfaat dan tujuan tertentu yang meliputi: 1. Retail dan Rekreasi 2. Toko Bahan Makanan dan Apotek 3. Taman 4. Pusat Transportasi Umum 5. Tempat Kerja 6. Area Permukiman	Numerik	Data persentase aktivitas <i>outdoor</i>	Laporan aktivitas <i>outdoor</i> di <i>Community Mobility Reports</i> COVID-19

3.4 Pelaksanaan

3.4.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dimaksudkan sebagai pola pelaksanaan penelitian yang menunjukkan adanya rumusan masalah yang perlu dijawab melalui penelitian. Pentingnya pemilihan data pada suatu penelitian ialah terdapat berbagai macam pertimbangan yang akan mempengaruhi dengan data yang akan dianalisis serta data tersebut dapat dikatakan mewakili keseluruhan data. Tahapan dalam penelitian ini, diantaranya studi lapangan, perumusan masalah, studi literatur, tujuan penelitian, pengambilan data, pengolahan data, analisis kemudian kesimpulan dan saran. Terkait tahapan penelitian diuraikan sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.4.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder (*time series*) yang bersumber dari berbagai instansi dan *database* terkait yang relevan dengan penelitian ini. Instansi terkait diantaranya Dinas Kesehatan, Dinas Lingkungan Hidup, serta Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. *Database* yang digunakan yaitu *Community Mobility Reports* COVID-19. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan teknik pengambilan sampel *nonprobability* dengan metode total sampling dengan memilih sampel penelitian yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

3.4.3 Teknik Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, lalu dilakukan pengolahan data sebagai berikut:

1) Penyuntingan Data (*Editing*)

Penyuntingan dilakukan langsung oleh peneliti terhadap data yang telah dikumpulkan berupa laporan dari instansi terkait. Tujuan dari editing ini adalah untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari instansi terkait melalui laporan apakah sesuai, konsisten, relevan dan terdapat keseragaman satuan data untuk bisa diproses lebih lanjut.

2) Membuat Kode (*Coding*)

Setelah semua data disunting atau diedit, selanjutnya dilakukan “kodean” atau “*coding*”, yakni mengubah data berbentuk kata atau kalimat menjadi data angka atau bilangan. Memberikan kode angka dimaksudkan agar mempermudah dan sederhana dalam hubungan dengan pengolahan data jika menggunakan komputer yaitu dengan kategori pada variabel jenis kelamin dan kontak erat sebagai berikut; Jenis kelamin laki-laki diberi kode = 1, jenis kelamin perempuan diberi kode = 2.

3) Memasukkan Data (*Data Entry*) atau *Processing*

Setelah semua isian variabel yang diteliti terkumpul dengan benar dan sudah melewati pengkodean. Maka dapat dilakukan pemrosesan dengan cara memasukkan data hasil penelitian ke program komputer. Proses pemasukan data yang telah berbentuk kode (dalam angka) ke dalam *software* yang sesuai.

4) Pembersihan Data (*Cleaning*)

Apabila semua data dari setiap sumber atau selesai dimasukkan, maka perlu dicek kembali untuk melihat kemungkinan-kemungkinan adanya kesalahan-kesalahan kode ketidaklengkapan, kemudian dilakukan pembetulan atau koreksi. Sebagai contoh jika ada data yang membutuhkan *cleaning*;

- Mengetahui *missing* data (data yang hilang)

Untuk mengetahui data yang hilang (*missing*) dapat dilakukan dengan membuat distribusi frekuensi masing-masing variabel. Jika ada data yang hilang, kemungkinan data terhapus atau memang ada tetapi tidak dimasukkan (*entry*), maka di cek ulang.

- Mengetahui variasi data

Dengan melihat variasi data, maka dapat dideteksi apakah data yang dimasukkan benar atau salah. Cara mendeteksi dengan membuat distribusi masing-masing variabel. Misalnya untuk variabel kontak erat; 1 = ada kontak erat, 2 = tidak ada kontak erat. Hasil distribusi (misalnya 60 frekuensi) menunjukkan seperti di bawah ini:

$$\begin{array}{rcl} 1 & = & 20 \\ 2 & = & 20 \\ 3 & = & \frac{20}{60} \end{array}$$

Dalam contoh tersebut, meskipun jumlahnya sesuai dengan jumlah data (*entry*), tetapi terdapat kode 3 yang masuk. Padahal jenis kontak erat hanya sampai kode 2 dan tidak ada kode 3. Sehingga dapat disimpulkan terdapat kesalahan dalam *entry* data dan harus dicari dan dibetulkan.

– Mengetahui konsistensi data

Cara mengetahui adanya ketidakkonsistenan data dapat dilakukan dengan menghubungkan dua variabel. Misal jumlah kasus terkonfirmasi sebanyak 100 orang, sedangkan *entry* pada jumlah orang berdasarkan status gender sebanyak 110 orang. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan terdapat ketidakkonsistenan antara jumlah kasus terkonfirmasi dan jumlah orang berdasarkan status gender. Maka perlu ditelusuri di mana kesalahannya.

5) Tabulasi (*Tabulating*)

Tabulasi dimaksudkan dengan membuat tabel-tabel data sesuai dengan tujuan penelitian. Tabulasi ini dilakukan setelah proses *cleaning* sudah sesuai dengan variabel-variabel yang akan diteliti sesuai dengan tujuan penelitian tercapai.

3.4.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini yaitu:

1) Analisis *Univariat*

Analisis statistik deskriptif diaplikasikan dalam analisis *univariat* dilakukan untuk mendapatkan gambaran distribusi frekuensi dari variabel dependen yaitu kasus terkonfirmasi COVID-19 dan variabel independen yaitu faktor determinan sosial, faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor*. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian diinterpretasikan.

2) Analisis *Bivariat*

Aplikasi statistik inferensial dalam penelitian disebut juga dengan analisis *bivariat*. Analisis ini digunakan untuk melihat faktor lingkungan dan tren aktivitas *outdoor* terhadap penularan COVID-19. Dalam analisis *bivariat*, digunakan uji korelasi *pearson*. Korelasi *pearson* dimaksudkan untuk mengukur hubungan atau tingkat asosiasi antara variabel-variabel bebas ($X_{1,2,3,...,n}$) terhadap variabel terikat (Y) yang dilakukan dengan cara menggunakan perhitungan analisis koefisien korelasi

Product Moment Method atau dikenal dengan rumus *pearson* (Sugiono, 2017), yaitu:

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{\sqrt{\{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Keterangan:

r = Koefisien korelasi

x = Variabel bebas

y = Variabel terikat

n = Jumlah data dari setiap variabel

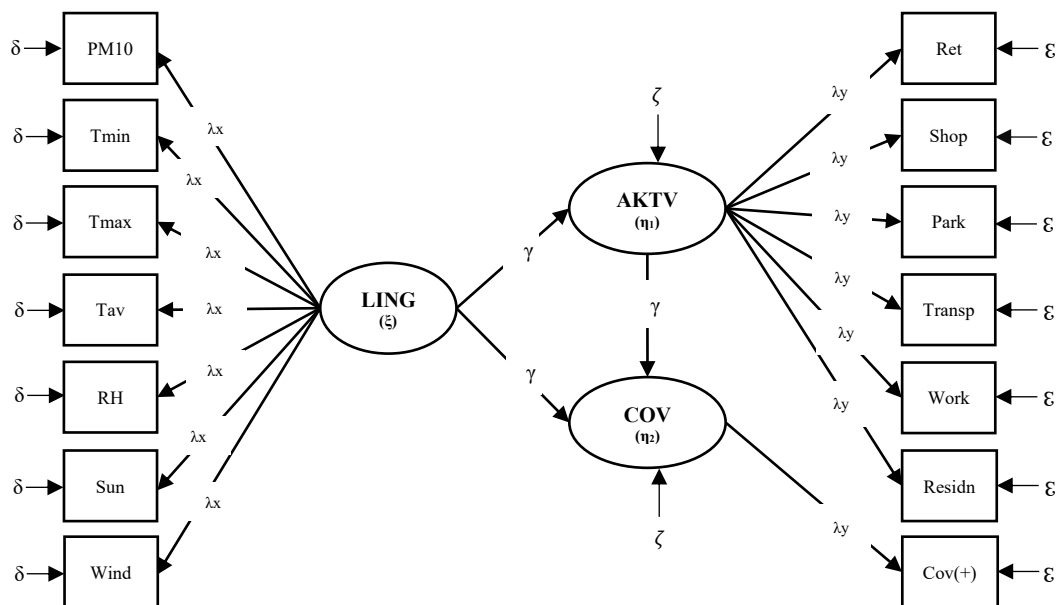
Untuk kekuatan hubungannya, nilai koefisien korelasi berada di antara -1 sampai 1, sedangkan untuk arah dinyatakan dalam bentuk positif (+) dan negatif (-).

3) Analisis *Multivariat*

Analisis *multivariat* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan program LISREL 8.8 (*student edition*). Program LISREL 8.8 merupakan software yang khusus digunakan untuk menyelesaikan penelitian tentang analisis SEM, sehingga outputnya lebih mudah dipahami sebagai dasar analisis, disamping penggunaannya lebih mudah. Tahapan analisis *multivariat* menggunakan program LISREL diantaranya:

a) Spesifikasi Model Persamaan Struktural

Spesifikasi model merupakan tahap pembentukan model yang mencakup: Spesifikasi model pengukuran, yaitu aktivitas untuk mendefinisikan variabel manifes yang merupakan indikator dari variabel laten; Spesifikasi model struktural, yaitu aktivitas untuk mendefinisikan hubungan antar variabel laten berdasarkan konstruksi dari teori yang mendukungnya; Menyusun model penelitian SEM secara menyeluruh yang merupakan gabungan antara model pengukuran dan model struktural. Untuk lebih jelasnya berikut merupakan model penelitian SEM pada kajian yang akan dilakukan;



Gambar 7. Model Penelitian SEM

Keterangan:

PM10 = ISPU-PM10

Tmin = Suhu minimum

Tmax = Suhu maksimum

Tav = Suhu rata-rata

RH = Kelembaban

Sun = Lamanya sinar matahari

Wind = Kecepatan angin

Ret = Retail dan rekreasi

Shop = Toko bahan makanan dan apotek

Park = Taman

Transp = Pusat transportasi umum

Work = Tempat kerja

Residn = Area permukiman

Cov(+) = Kasus terkonfirmasi

COVID-19

Berdasarkan model penelitian di atas maka dapat dispesifikasikan sebagai berikut:

Variabel-variabel laten;

- LING adalah faktor lingkungan atau variabel laten eksogenus ke 1 (ξ_1).
- AKTV adalah aktivitas *outdoor* atau variabel laten endogenus ke 1 (η_1).
- COV adalah kasus terkonfirmasi COVID-19 atau variabel laten endogenus ke 2 (η_2).

Variabel-variabel manifes/variabel indikator/variabel teramati (*observed*).

- PM10, Tmin, Tmax, Tav, RH, Sun dan Wind merupakan indikator dari variabel laten LING (faktor lingkungan).
- Ret, Shop, Park, Transp, Work, Residn merupakan indikator dari variabel laten AKTV (aktivitas *outdoor*).
- Cov(+) merupakan indikator tunggal dari variabel COV (kasus terkonfirmasi COVID-19)
- δ adalah nilai pengukuran *error* pada variabel manifes X.
- λ_x merupakan koefisien matriks regresi variabel manifes X dengan variabel laten eksogenus.
- γ merupakan koefisien matrix regresi variabel laten eksogenus dengan variabel laten endogenus.
- ζ merupakan vektor persamaan *error* (*random disturbances*) hubungan struktural antara variabel laten endogenus dengan variabel eksogenus.
- ε nilai pengukuran *error* pada variabel manifes Y.
- λ_y merupakan koefisien matriks regresi variabel manifes Y dengan variabel laten endogenus.

b) Identifikasi Model Persamaan Struktural

Setelah kita melakukan aktivitas spesifikasi model secara menyeluruh (*overall*) terhadap model yang akan diestimasi, langkah selanjutnya kita harus mengidentifikasi model penelitian tersebut. Proses identifikasi adalah aktivitas untuk mengetahui Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*) yang dianjurkan dalam SEM. *Degree of Freedom* (df) adalah jumlah data yang diketahui dikurangi jumlah parameter estimasi.

$$Df = \sum \text{Data yang diketahui} - \sum \text{Matriks Parameter Estimasi}$$

atau

$$df = \frac{1}{2} [(p+q)(p+q+1)] - t$$

di mana:

Data yang diketahui = $\sum \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)$, n adalah banyaknya variabel manifes.

p = Jumlah indikator endogen

q = Jumlah indikator eksogen

t = Jumlah parameter yang akan ditaksir

Terdapat tiga kategori identifikasi dalam model persamaan struktural (SEM) diantaranya adalah; *Under-Identified* jika $df < 0$, hal ini terjadi jika jumlah data yang diketahui lebih kecil dari jumlah parameter yang diestimasi; *Just-Identified* jika $df = 0$. Hal ini terjadi jika jumlah data yang diketahui sama dengan jumlah parameter yang diestimasi; *Over-Identified* jika $df > 0$. Hal ini terjadi jika jumlah data yang diketahui lebih besar dari jumlah parameter yang diestimasi. Dari ketiga kategori identifikasi tersebut, kategori *Over-Identified* yang disarankan dalam proses estimasi model persamaan struktural (SEM), usahakan hindari model *Just-Identified* dan *Under-Identified* agar proses estimasi tidak mengalami hambatan.

c) Estimasi Model

Setelah model dispesifikasi, kemudian dipilih metode estimasi yang sesuai. Tujuan estimasi ini adalah untuk menentukan nilai-nilai parameter di dalam matriks yang melekat dalam model penelitian. Salah satu metode estimasi yang dominan dalam SEM adalah *Maximum Likelihood Estimator* (MLE), juga sering disebut *Full Information Maximum Likelihood* (FIML) estimator. MLE terkenal memiliki sejumlah sifat yang lebih baik, hal ini dikarenakan beberapa hal di antaranya konsisten dan efisien secara asimtotik, asalkan model telah benar, baik spesifikasi struktur maupun distribusi. Pemeriksaan terhadap hasil estimasi dilakukan untuk melihat kemungkinan adanya estimasi yang mengganggu, yaitu nilai-nilai yang tidak masuk akal atau anomali yaitu nilai $t < 1,96$ atau nilai standar solusi > 1.00 .

d) Uji Kecocokan Model

Uji kecocokan model *Goodness of Fit* (GOF) bertujuan untuk menguji apakah model yang diusulkan memiliki kesesuaian (fit) dengan data sampel atau tidak. Suatu model dikatakan fit apabila matriks kovarian sampel tidak jauh berbeda dengan matriks kovarian estimasi. Menguji GOF seluruh model pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Ukuran Kecocokan Model (*Goodness of Fit*)

Ukuran GOF	Tingkat Kecocokan Yang Bisa Diterima
<i>Absolutes-Fit Measures</i>	
<i>Statistik Chi-squares (X²)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk model fit yang baik $0 \leq x^2 \leq 2df$ sedangkan $2df < x^2 < 3df$ masih dapat diterima. - Fit yang baik $0.05 \leq p \leq 1.00$ sedangkan $0.01 < p \leq 0.05$ masih dapat diterima. - Model fit yang baik $0 \leq x^2/df \leq 2$ sedangkan $2 < x^2/df \leq 3$ masih dapat diterima.
<i>Non – Centrality Parameter (NCP)</i>	Dinyatakan sebagai bentuk spesifikasi ulang dari <i>Chi-squares</i> . Penilaian didasarkan atas perbandingan dengan model lain. Semakin kecil semakin baik.
<i>Goodness of-Fit Index (GFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. $GFI \geq 0,90$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < GFI < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .
<i>Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)</i>	Rata-rata perbedaan per <i>degree of freedom</i> yang diharapkan terjadi dalam populasi dan bukan sampel. $RMSEA \leq 0,08$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $RMSEA 0.05$ adalah <i>close fit</i>
<i>Root Means Square Residual (RMSR)</i>	Rata-rata perbedaan per <i>degree of freedom</i> yang diharapkan terjadi dalam populasi dan bukan dalam sampel. $RMSEA < 0,08$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $RMSR < 0,05$ adalah <i>close fit</i> .
<i>Expected Cross Validation Index (ECVI)</i>	Digunakan untuk perbandingan antar model. Semakin kecil semakin baik. Pada model tunggal, nilai ECVI dari model yang mendekati nilai <i>saturated</i> ECVI menunjukkan <i>good fit</i> .
<i>Incremental Fit Measures</i>	
<i>Normed Fit Index (NFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. $NFI > 0,90$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < NFI < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .
<i>Comparative Fit Index (CFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. $CFI > 0,90$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < CFI < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .
<i>Incremental Fit Index (IFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. $IFI > 0,90$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < IFI < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .
<i>Relative Fit Index (RFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. $RFI > 0,90$ adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < RFI < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .

Ukuran GOF	Tingkat Kecocokan Yang Bisa Diterima
<i>Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)</i>	Nilai berkisar antara 0-1, dengan nilai lebih tinggi adalah lebih baik. AGFI > 0,90 adalah <i>good fit</i> , sedangkan $0,80 < \text{AGFI} < 0,90$ adalah <i>marginal fit</i> .

Sumber: (Riadi, 2018)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Distribusi kasus terkonfirmasi COVID-19 tertinggi menurut kelompok usia terdapat di rentang usia 19-59, sedangkan distribusi jenis kelamin terdapat pada perempuan baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.
2. Faktor lingkungan berpengaruh secara nyata atau bermakna terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel ISPU-PM10, suhu minimum, suhu maksimum dan kelembaban. Selain itu, kondisi di DKI Jakarta untuk variabel suhu rata-rata dan lamanya penyinaran matahari dan kondisi di Kota Bandar Lampung untuk variabel kecepatan angin berpengaruh secara nyata atau bermakna terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19. Aktivitas *outdoor* berpengaruh secara nyata atau bermakna terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel aktivitas *outdoor* di tempat retail dan rekreasi, taman, pusat transportasi umum, tempat kerja dan area pemukiman.
3. Hasil identifikasi model prediksi atau pembuktian model dari variabel antara faktor lingkungan dan aktivitas *outdoor* terhadap penularan kasus terkonfirmasi COVID-19, menunjukkan bahwa:
 - a. faktor lingkungan terdapat pengaruh signifikan negatif terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata.
 - b. Faktor lingkungan (suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap aktivitas *outdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.

- c. Aktivitas *outdoor* berpengaruh signifikan negatif terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung untuk variabel aktivitas *outdoor* di tempat-tempat seperti toko bahan makanan dan apotek, taman, serta pusat transportasi umum. Selain itu, kondisi di Kota Bandar Lampung untuk variabel aktivitas *outdoor* di tempat retail dan rekreasi berpengaruh secara nyata atau bermakna terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19.
- d. Secara tidak langsung, faktor lingkungan (suhu minimum, suhu maksimum dan suhu rata-rata) tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kasus terkonfirmasi COVID-19 melalui aktivitas *outdoor* baik di DKI Jakarta dan Kota Bandar Lampung.

5.2 Saran

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang hal ini. Pertama, rendahnya nilai prediksi *R square* dalam model estimasi. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kajian ini, variabel observasi belum mencukupi secara statistik. Analisis lebih lanjut diharapkan menambahkan lebih banyak variabel independen serta faktor-faktor penting lainnya, seperti indikator Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂), Carbon monoksida (CO), Hidrokarbon (HC) dan bahan pencemar lainnya yang dapat tersuspensi di dalam gas (udara). Indikator lain yang dianggap penting diantaranya, karakteristik varian virus COVID-19 yang dapat bermutasi, efektifitas vaksin, ketatnya peraturan dalam mencegah penularan virus, mobilitas penduduk di dalam dan luar kota dan kepadatan penduduk serta kondisi lingkungan rumah. Kedua, Kajian ini menggunakan variabel lingkungan dan aktivitas *outdoor* dengan data harian di empat hari terakhir tanpa memperhitungkan waktu tertunda dalam pemeriksaan laboratorium yang menunjukkan hasil positif terkonfirmasi COVID-19. Rekomendasi tindakan pemerintah dalam hal pengambilan kebijakan dapat dilakukan dengan penambahan indikator suhu dalam menentukan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM).

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agista, P. I., Gussini, N. & Maharani, M. D. D., 2020. Analisis Kualitas Udara dengan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Sebaran Kadar Polutannya di Provinsi DKI JAKARTA. *Jurnal SEOI*, 2(2), pp. 39-57.
- Ahmadi, M. et al., 2020. 2020. *Investigation of effective climatology parameters on COVID-19 outbreak in Iran*, Volume 729, pp. 1-7.
- Ajzen, I., 1988. *Attitudes, Personality, and Behavior*. Chicago: Milton Keynes: Open University Press, IL: Dorsey Press..
- Ali, A., Tambunan, M. P. & Tambunan, R. P., 2021. Kajian Meteorologi Transmisi COVID-19 di Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 22(1), pp. 1-8.
- Ali, I. & Alharbi, O. M., 2020. COVID-19: Disease, Management, Treatment, and Social Impact. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-6.
- Ambarwati, R., Baharuddin, A. & Ikhtiar, M., 2022. Analisis Spasial Pengaruh Lingkungan Fisik Rumah dan Perilaku Terhadap Kejadian COVID-19. *Journal of Muslim Community Health*, 3(2), pp. 87-101.
- Andree, B. P. J., 2020. Incidence of COVID-19 and Connections with Air Pollution Exposure: Evidence from the Netherlands. *MedRxiv*, pp. 1-27.
- Araujo, M. B. & Naimi, B., 2020. Spread of SARS-CoV-2 Coronavirus likely constrained by climate. *medRxiv*, pp. 1-26.

- Arissa, R. & Kiswandono, A. A., 2017. Kajian Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) PM10, SO2, O3, Dan NO2 di Kota Bandar Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 2(02), pp. 38-46.
- Auler, A., Cássaro, F., Silva, V. d. & Pires, L., 2020. Evidence that High Temperatures and Intermediate Relative Humidity Might Favor the Spread of COVID-19 in Tropical Climate: a Case Study for the most Affected Brazilian Cities. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-10.
- Awalia, M. J., Medyati, N. & Giay, Z., 2021. Hubungan Umur Dan Jenis Kelamin Dengan Stress Kerja Pada Perawat Di Ruang Rawat Inap RSUD Kwaingga Kabupaten Keerom. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 5(2), pp. 477-483.
- Badan Pusat Statistik, 2021. *Provinsi DKI Jakarta dalam Angka*, Provinsi DKI Jakarta: <https://jakarta.bps.go.id/>.
- Badan Pusat Statistik, 2021. *Provinsi Lampung dalam Angka*, Lampung: <https://lampung.bps.go.id/>.
- Badr, H. S. et al., 2020. Association Between Mobility Patterns and COVID-19 Transmission in the USA: a Mathematical Modelling Study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(11), pp. 1247-1254.
- Banister-Tyrrell, M., Meyer, A., Faverjon, C. & Cameron, A., 2020. Preliminary evidence that higher temperatures are associated with lower incidence of COVID-19, for cases reported globally up to 29th February 2020. *medRxiv*, pp. 1-6.
- Bashir, M. F. et al., 2020. Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Science of the Total Environment*, pp. 1-4.
- Becchetti, L., Conzo, G., Conzo, P. & Salustri, F., 2020. Understanding the Heterogeneity of Adverse COVID-19 Outcomes: the Role of Poor Quality of Air and Lockdown Decisions. *SSRN Electronic Journal*, pp. 1-20.

- Bi, P., Wang, J. & Hiller, J. E., 2007. Weather: Driving Force Behind the Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome in China?. *Journal International Medicine*, pp. 550-554.
- Biswas, R., 2020. Are Men More Vulnerable to Covid-19 as. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, pp. 20645-20646.
- BMKG, 2021. *Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*. [Online] Available at: <https://dataonline.bmkg.go.id/home>
- Brook, R. D. et al., 2010. Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease An Update to the Scientific Statement From the American Heart Association. *AHA Scientific Statement*, pp. 2331-2378.
- Bukhari, Q., Massaro, J. M., D'Agostino, R. B. & Khan, S., 2020. Effects of Weather on Coronavirus Pandemic. *Environmental Research and Public Helath*, pp. 1-13.
- Casanova, L. M. et al., 2010. Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces. *Journal Applied and Environmental Microbiology*, pp. 2712-2717.
- Changruengnam, S., Bicout, D. J. & Modchang, C., 2020. How the Individual Human Mobility Spatio-Temporally Shapes the Disease Transmission Dynamics. *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1-13.
- Chan, K. et al., 2011. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. *Journal Advances in Virology*, pp. 1-7.
- Chen, B. et al., 2020. Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on a worldwide scale. *medRxiv*, pp. 1-18.
- Chen, G. et al., 2016. The impact of ambient fine particles on influenza transmission and the modification The impact of ambient fine particles on influenza transmission and the modification. *Environment International*, pp. 1-7.

- Coccia, M., 2020. Two mechanisms for accelerated diffusion of COVID-19 outbreaks in regions with high intensity of population and polluting industrialization: the air pollution-to-human and human to-human transmission dynamics. *MedRxiv*, pp. 1-54.
- Cole, M. A., Ozgen, C. & Strobl, E., 2020. Air Pollution Exposure and Covid-19 in Dutch Municipalities. *Environmental and Resource Economics* , pp. 581-610.
- Conticini, E., Frediani, B. & Caro, D., 2020. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely highlevel of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?. *Environmental Pollution*, pp. 1-3.
- Cui, Y. et al., 2003. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, pp. 1-5.
- Doremalen, N. v. et al., 2020. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*, 16(1-4), p. 382.
- Dyer, O., 2021. Covid-19: Omicron is causing more infection but fewer hospital admissions than delta, infection but fewer hospital admissions than delta,. *the BMJ*, 375(n3104), p. 1.
- Ellwanger, J. H. & Chies, J. A. B., 2018. Wind: a neglected factor in the spread of infectious diseases. *The Lancet Planetary Health*, p. Vol. 2 No. 475.
- Elviani, R., Anwar, C. & Sitorus, R. J., 2021. Gambaran Usia pada Kejadian COVID-19. *Jambi Medical Jurnal*, 9(2), pp. 204-209.
- Emaputra, A. et al., 2021. Peningkatan Pengetahuan Pencahayaannya dan Ventilasi Peningkatan Pengetahuan Pencahayaannya dan Ventilasi pada Ibu-Ibu PKK Kalijeruk II. *Jurnal Abdimas PHB*, 4(2), pp. 184-189.
- EPA, 2021. *Particulate Matter (PM) Pollution*. [Online] Available at: <https://www.epa.gov/pm-pollution>

- Fadholi, A., 2013. Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat Di Bandara S. Babullah Ternate. *JURNAL Teori dan Aplikasi Fisika*, pp. 121-129.
- Faeni, Y. A., Astasia, A. & Riadi, M., 2019. *Pengaruh Parameter Meteorologi Terhadap Penurunan Kasus COVID-19 di DKI Jakarta*. Jakarta, Politeknik Statistika STIS, pp. 132-137.
- Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air & Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fatmah, 2006. Respons Imunitas yang Rendah pada Tubuh Manusia Usia Lanjut. *Mekara, Kesehatan*, pp. 47-53.
- Fattorini, D. & Regoli, F., 2020. Role of the Chronic Air Pollution Levels in the Covid-19 Outbreak Risk in Italy. *Environmental Pollution*, pp. 1-5.
- Firdaus, Z. F. & Wijayanto, A. W., 2020. Tinjauan Big Data Mobilitas Penduduk pada Masa Social Distancing dan New Normal Serta Keterkaitannya dengan Jumlah Kasus COVID-19. *Seminar Nasional Official Statistics*, pp. 1-8.
- Gennaro, F. D. et al., 2020. Coronavirus Diseases (COVID-19) Current Status and Future Perspectives: A Narrative Review. *Environmental Research and Public Health*, pp. 1-11.
- Guan, W. et al., 2020. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *The new england journal of medicine*, pp. 1708-1720.
- Hassan, M. M. et al., 2020. Role of Environmental Temperature on the Attack rate and Case fatality rate of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. *Infection Ecology & Epidemiology*, pp. 1-6.
- Hayati, A. N. & Pawenang, E. T., 2021. Analisis Spasial Kesehatan Lingkungan dan Perilaku di Masa Pandemi untuk Penentuan Zona Kerentanan dan Risiko. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(2), pp. 164-171.

- Helmi, A. F., 2019. Pengaruh Lingkungan Fisik Terhadap Niat Berperilaku. *Buletin Psikologi*, 7(2), pp. 7-19.
- I., Marlita, D. & Saidah, D., 2014. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, pp. 241-248.
- Iqbal, N. et al., 2020. Nexus Between COVID-19, Temperature and Exchange Rate in Wuhan City: New Findings from Partial and Multiple Wavelet Coherence.. *Science of the Total Environment*, pp. 1-9.
- Irawan, F. A., Suhel, H. & Wibawanto, A. E., 2020. Identifikasi Geospasial Cuaca dan Kelembaban Terhadap Penyebaran Virus Covid-19 Menggunakan Sistem Informasi Geografis Provinsi Kalimantan Selatan Identifikasi Geospasial Cuaca dan Kelembaban Terhadap Penyebaran Virus Covid-19 Menggunakan Sistem Informasi. *Jurnal Poros Teknik*, pp. 99-106.
- Irfan, M. et al., 2021. Asymmetric impact of temperature on COVID-19 spread in India: Evidence from quantile-on-quantile regression approach. *Journal of Thermal Biology*, pp. 1-29.
- Jahangiri, M., Jahangiri, M. & Najafgholipour, M., 2020. The Sensitivity and Specificity Analyses of Ambient Temperature and Population Size on the Transmission Rate of the Novel Coronavirus (COVID-19) in Different Provinces of Iran.. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-5.
- Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data, 2022. *Our World in Data*. [Online] Available at: <https://ourworldindata.org/coronavirus> [Accessed 26 Juni 2022].
- Kan, H.-D. et al., 2005. Relationship Between Ambient Air Pollution and Daily Mortality of SARS in Beijing. *Biomedical and Environmental Sciences*, pp. 1-4.
- Kartasapoetra, A. G., 2017. *Klimatologi : Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

- Keller, M. et al., 2005. A Warm Heart and a Clear Head: the Contingent Effects of Weather on Mood and Cognition. *Psychological Science*, 16(9), p. 724–731.
- Kementerian Kesehatan RI, 2021. *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*. [Online] Available at: <https://pusdatin.kemkes.go.id/>
- Kim, D., Chen, Z., Zhou, L.-F. & Huang, S.-X., 2018. Air Pollutants and Early Origins of Respiratory Diseases. *Journal Chronic Diseases and Translational Medicine*, pp. 75-94.
- KLHK RI, 2015. *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Klimstra, T. A. et al., 2011. Come Rain or Come Shine: Individual Differences in How Weather Affects Mood. *Emotion*, 11(6), p. 1495–1499.
- K. R., 2020. *Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kudo, E. et al., 2019. *Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection*. America, United States National Academy of Sciences (United States), p. 10905–10910.
- Leydesdorff, L. & Rafols, . I., 2012. Interactive Overlays: a New Method for Generating Global Journal Maps. *Journal of Informetrics*, Issue 6, pp. 318-332.
- Liang, D. et al., 2020. Urban Air Pollution May Urban Air Pollution May and Mortality Rates in the United States. *The Innovation*, pp. 1-8.
- Linka, K., Peirlinck, M., Coastabal, F. S. & Kuhl, E., 2020. Outbreak dynamics of COVID-19 in Europe and the effect of travel restrictions. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 23(11), pp. 710-717.

- Li, Q. et al., 2020. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia. *The new england journal of medicine*, pp. 1-9.
- Liu, F. et al., 2020. Patients of COVID-19 may benefit from sustained Lopinavir-combined regimen and the increase of Eosinophil may predict the outcome of COVID-19 progression. *International Journal of Infectious Diseases*, 95(1), pp. 183-191.
- Lu, F. et al., 2015. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM_{2.5} and PM₁₀ pollution in the Chinese population. *Environmental Research*, pp. 196-204.
- Luo, W. et al., 2020. The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. *medRxiv*, pp. 1-7.
- Lym, Y. & Kim, K.-J., 2021. Exploring the effects of PM_{2.5} and temperature on COVID-19 transmission in Seoul, South Korea. *Environmental Research*, pp. 1-10.
- Lytle, C. & Sagripanti, J., 2005. Predicted Inactivation of Viruses of Relevance to Biodefense by Solar Radiation. *Journal of virology*, 79(22), pp. 14244-14252.
- Masrul, et al., 2020. *Pandemik COVID-19: Persoalan dan Refleksi di Indonesia*. Surabaya: Yayasan Kita Menulis.
- Moriyama, M., Hugentobler, W. & Iwasaki, A., 2020. Seasonality of respiratory viral infections. *Annual review of virology*, Volume 7, pp. 83-101.
- Mukono, 2003. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Murray, K. B., Di Muro, F., Finn, A. & Popkowski Leszczyc, P., 2010. The Effect of Weather on Consumer Spending. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 17(6), p. 512–520.

- National Statistics, 2020. Coronavirus (COVID-19) Related Mortality Rates and the Effects of Air Pollution in England. *United Kingdom's Office for National Statistics*, pp. 1-21.
- Nugroho, L. E. & Rakhman, A. Z., 2021. Mobilitas Manusia dan Tingkat Penyebaran Covid-19: Sebuah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(2), pp. 124-130.
- Ogen, Y., 2020. Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to. *Science of the Total Environment*, pp. 1-5.
- Pastva, A. M., Wright, J. R. & Williams, K. L., 2007. *Immunomodulatory Roles of Surfactant Proteins A and D: Implications in Lung Disease..* New York, ATS Journal, pp. 252-257.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*, s.l.: s.n.
- Peraturan Pemerintah RI nomor 22 Tahun 2021, n.d. *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. s.l.:PPRI.
- Petroni, M. et al., 2020. Hazardous Air Pollutant Exposure as a Contributing Factor to COVID-19 Mortality in the United States. *COVID-19 mortality in the United States*, pp. 1-8.
- Pinontoan, O. R. & Sumampouw, O. J., 2019. *Dasar Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Pramanik, M. et al., 2020. Climatic Influence on the Magnitude of COVID-19 Outbreak: a Stochastic Model-Based Global Analysis. *Environmental Health Research*, pp. 1-16.
- Prata, D. N., Rodrigues, W. & Bermejo, P. H., 2020. Temperature Significantly Changes COVID- 19 Transmission in (Sub) Tropical Cities of Brazil.. *Science of the Total Environment*, pp. 1-7.

- Qi, H. et al., 2020. COVID-19 Transmission in Mainland China is Associated with Temperature and Humidity: a Time-series Analysis. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-6.
- Rahmawati, F., 1999. *Kualitas Udara di DKI Jakarta Tahun 1997*. Depok: FMIPA Universitas Indonesia.
- Ramadiani, 2010. SEM dan LISREL untuk Analisis Multivariate. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(1), pp. 179-188.
- Ratnani, R. D., 2008. Teknik Pengendalian Pencemaran Udara yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2), pp. 27-32.
- Riadi, E., 2018. *Statisti SEM - Structural Equation Modeling dengan LISREL*. Yogyakarta: ANDI.
- Rosario, D., Mutz, Y., Bernardes, P. & Conte-Junior, C., 2020. Relationship Between COVID-19 and Weather: Case Between COVID-19 and Weather: Case Study in a Tropical Country. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 229(1), p. 113587.
- Sajadi, M. M. et al., 2020. Temperature and latitude analysis to predict potential spread and seasonality for COVID-1. *SSRN Electronic Journal*, pp. 1-9.
- Sajadi, M. M. et al., 2020. Temperature, Humidity, and Latitude Analysis to Estimate Potential Spread and Seasonality of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Jama Network Open*, pp. 1-11.
- Scobie , H., 2021. *Update on Omicron Variant*. [Online] Available at: <https://www.cdc.gov/vaccines/acip/meetings/downloads/slides-2021-12-16/06-COVID-Scobie-508.pdf> [Accessed 1 8 2022].
- Setti, L. et al., 2020. SARS Cov 2RNA found on particulate matter of Bergamo in Northern Italy: First evidence. *Environmental Research*, pp. 1-5.

- Setti, L. et al., 2020. The Potential Role of Particulate Matter in the Spreading of COVID-19 in Northern Italy: First Evidence-Based Research Hypotheses. *MedRxiv*, pp. 1-28.
- Sugiono, 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sun, L., Tang, Y. & Zuo, W., 2020. Coronavirus pushes education online. *Nature Materials*, p. 687.
- Sun, Z. et al., 2020. Potential Factors Influencing Repeated SARS Outbreaks in China. *Environmental Research and Public Health*, pp. 1-11.
- Suryanto, W. & Luthfian, I., 2016. *Pengantar Meteorologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Susilo, A. et al., 2020. Coronavirus Disease 2019: Tinjauan Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, pp. 45-67.
- Tian, H. et al., 2020. Risk of COVID-19 is associated with long-term exposure to air pollution. *MedRxiv*, pp. 1-13.
- Tjasyono, B., 2004. *Klimatologi*. Bandung: ITB.
- Torjesen, I., 2021. Covid-19: Omicron may be more transmissible than other variants and partly. *the BMJ*, 75(n2943), pp. 1-2.
- Travaglio, M. et al., 2020. Links Between Air Pollution and COVID-19 in England. *MedRxiv*, pp. 1-28.
- UNICEF, 2021. *Tanya-jawab seputar coronavirus (COVID-19)*. [Online] Available at: <https://www.unicef.org/indonesia/id/coronavirus/tanya-jawab-seputar-coronavirus>
- Wang, B. et al., 2020. An effect assessment of Airborne particulate matter An effect assessment of Airborne particulate matter. *MedRxiv*, pp. 1-19.

- Wang, Y., Wang, Y., Chen, Y. & Qin, Q., 2020. Unique Epidemiological and Clinical Features of the Emerging 2019 Novel Coronavirus Pneumonia (COVID-19) Implicate Special Control Measures. *Journal of Medical Virology*, pp. 568-576.
- White, C. & Schulman, J. S., 2020. *Can UV Light Kill the New Coronavirus?*. [Online] Available at: <https://www.healthline.com/health/does-uv-kill-coronavirus> [Accessed 28 2022].
- WHO, 2020. *Transmisi SARS-CoV-2: implikasi terhadap kewaspadaan pencegahan infeksi*. [Online] Available at: https://www.who.int/docs/default-source/searo/indonesia/covid19/transmisi-sars-cov-2---implikasi-untuk-terhadap-kewaspadaan-pencegahan-infeksi---pernyataan-keilmuan.pdf?sfvrsn=1534d7df_4
- WHO, 2021. *Coronavirus*. [Online] Available at: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1
- Wu, X. et al., 2020. Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Science Advances*, pp. 1-6.
- Wu, Y. et al., 2020. Effects of Temperature and Humidity on the Daily New Cases and New Deaths of COVID-19 in 166 Countries. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-7.
- Xie, J. & Zhu, Y., 2020. Association Between Ambient Temperature and COVID-19 Infection in 122 Cities from China. *Journal Science of the Total Environment*, pp. 1-5.
- Xu, X. et al., 2020. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Science China Life Sciences*, pp. 457-460.

- Yang, J. et al., 2020. Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, pp. 91-95.
- Yao, Y. et al., 2020. Temporal association between particulate matter pollution and case fatality rate of COVID-19 in Wuhan. *Environmental Research* , pp. 1-3.
- Zhao, Y. et al., 2019. Airborne transmission may have played a role in the spread of 2015 highly pathogenic avian influenza outbreaks in the United States. *Scientific Reports*, pp. 1-10.
- Zhou, X. et al., 2021. Excess of COVID-19 cases and deaths due to fine particulate matter exposure during the 2020 wildfires in the United States. *Science Advances*, pp. 1-11.
- Zhu, Y., Xie, J., Huang, F. & Cao, L., 2020. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Science of the Total Environment*, pp. 1-7.