

TESIS

ANALISIS PENGARUH KUALITAS UDARA RUANG TERHADAP KAPASITAS FUNGSI PARU PADA PENYINTAS COVID-19 DI KOTA PALEMBANG



OLEH :

NAMA : IDAN AWALUDIN
NIM : 10012682125044

PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT (S2)
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

TESIS

ANALISIS PENGARUH KUALITAS UDARA RUANG TERHADAP KAPASITAS FUNGSI PARU PADA PENYINTAS COVID-19 DI KOTA PALEMBANG

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
(S2) Magister Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya



OLEH :

NAMA : IDAN AWALUDIN
NIM : 10012682125044

**PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT (S2)
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH KUALITAS UDARA RUANG TERHADAP KAPASITAS FUNGSI PARU PADA PENYINTAS COVID-19 DI 5 (LIMA) KECAMATAN KOTA PALEMBANG

TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
(S2) Magister Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Sriwijaya

Oleh :

IDAN AWALUDIN
10012682125044

Palembang, 10 Juli 2025

Pembimbing I

Prof.Dr.Yuanita Windusari,S.Si.,M.Si
NIP. 196909141998032002

Pembimbing II

Prof.Dr.rer.med.H.Hamzah Hasyim,S.K.M.,M.K.M
NIP. 197812262002121001



Mengetahui,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat

Prof. Dr. Murniarti, S.K.M., M.K.M
NIP. 19760609 200212 2 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis dengan judul “Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap Kapasitas Fungsi Paru Pada Penyintas COVID-19 di Kota Palembang” telah dipertahankan di hadapan Panitia Sidang Ujian Hasil Penelitian Tesis Program Studi Magister (S2) Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan Panitia Sidang Ujian Hasil Tesis Program Studi Magister (S2) Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya.

Palembang, 10 Juli 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis

Ketua :

1. Dr. dr. Rizma Adlia Syakurah, MARS
NIP. 198601302015104201

Anggota :

2. Prof. Dr. Hj. Yuanita Windusari, S.Si., M.Si
NIP. 196909141998032002
3. Prof. Dr.rer.med. H. Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M
NIP. 197312262002121001
4. Prof. Dr. dr. HM. Zulkarnain, M.Med. Sc., PKK
NIP. 196109031989031002
5. Dr. Elvi Sunarsih, S.K.M., M.Kes
NIP. 197806282009122004

()
()
()
()
()

Mengetahui,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat



Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M
NIP. 197606092002122001

Koordinator Program Studi
S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat


Prof. Dr. Rostika Flora, S.Kep., M.Kes
NIP. 197109271994032004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Idan Awaludin
NIM : 10012682125044
Judul Tesis : Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap
Kapasitas Fungsi Paru Pada Penyintas COVID-19 di
Kota Palembang

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 10 Juli 2025

Idan Awaludin
NIM. 10012682125044

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

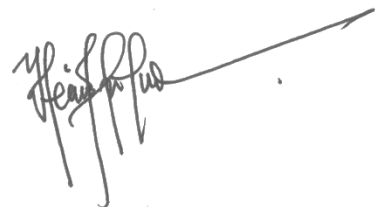
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Idan Awaludin
NIM : 10012682125044
Judul Tesis : Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap
Kapasitas Fungsi Paru Pada Penyintas COVID-19 di
Kota Palembang

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 10 Juli 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Idan Awaludin', with a long horizontal line extending to the right.

Idan Awaludin
NIM. 10012682125044

KESEHATAN LINGKUNGAN (KL)
PROGRAM STUDI MAGISTER (S2) ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Karya Tulis Ilmiah Berupa Tesis,
Juli 2025

Idan Awaludin; dibimbing oleh Yuanita Windusari dan Hamzah Hasyim

Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap Kapasitas Fungsi Paru Pada
Penyintas COVID-19 di Kota Palembang

xviii+108 halaman, 10 gambar, 9 tabel, 3 lampiran, 73 kepustakaan

ABSTRAK

Coronavirus disease (COVID-19) menyebabkan disfungsi paru bagi penyintas yang dapat memengaruhi pernapasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas COVID-19 di Kota Palembang. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif-analitik dengan pendekatan *cross-sectional*, sebanyak 430 responden. Data bivariat dianalisis menggunakan uji korelasi dan multivariat menggunakan regresi linier berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi $PM_{2,5}$ (rata – rata $7,24 \mu g/m^3$) dengan penurunan kapasitas fungsi paru penyintas COVID-19; konsentrasi PM_{10} (rata – rata $27,90 \mu g/m^3$); konsentrasi NO_2 (rata – rata $6,04 \mu g/m^3$); dan tidak terdapat korelasi yang bermakna antara konsentrasi CO (rata – rata 0,68 ppm) dengan penurunan kapasitas fungsi paru penyintas COVID-19. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa konsentrasi $PM_{2,5}$, Konsentrasi PM_{10} , dan Konsentrasi NO_2 yang berpengaruh secara parsial terhadap Kapasitas fungsi paru pada penyintas COVID-19, sedangkan konsentrasi CO secara signifikan tidak berpengaruh secara parsial terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas COVID-19. Secara simultan terdapat pengaruh yang signifikan dari konsentrasi $PM_{2,5}$, konsentrasi PM_{10} , konsentrasi CO, dan konsentrasi NO_2 terhadap penurunan kapasitas fungsi paru pada penyintas COVID-19 dengan besar pengaruh sebesar 21,9%. Penyintas COVID-19 disarankan untuk memperhatikan sirkulasi udara di lingkungan tempat tinggal maupun kerja dengan menjaga kebersihan ruangan, serta menghindari paparan asap dan bahan kimia berlebihan untuk menjaga kesehatan fungsi paru.

Kata Kunci : Penyintas COVID-19, Kualitas Udara, Fungsi Paru
Kepustakaan : 73 (2011-2024)

ENVIRONMENTAL HEALTH
MASTER OF PUBLIC HEALTH SCIENCE
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
SRIWIJAYA UNIVERSITY
Scientific paper in the form of thesis,
July 2025

Idan Awaludin; supervised by Yuanita Windusari, Hamzah Hasyim

Analysis of the Effect of Indoor Air Quality on Lung Function Capacity in COVID-19 Survivors in Palembang City

xviii+108 pages, 10 figures, 9 tables, 3 appendices, 73 references

ABSTRACT

Coronavirus disease (COVID-19) causes lung dysfunction in survivors that can affect breathing. This study aims to analyze the effect of room air quality on lung function capacity in COVID-19 survivors in Palembang City. The research method used is descriptive-analytic with a cross-sectional approach, with 430 respondents. Bivariate data were analyzed using correlation tests and multivariate data using multiple linear regression. The results showed that there was a significant relationship between the concentration of PM_{2.5} (mean: 7.24 µg/m³), PM₁₀ (mean: 27.90 µg/m³), and NO₂ (mean: 6.04 µg/m³) and the decrease in lung function capacity in COVID-19 survivors. However, there was no significant correlation between CO concentration (mean: 0.68 ppm) and lung function capacity in COVID-19 survivors. Based on the test results, it was found that PM_{2.5} Concentration, PM₁₀ Concentration, and NO₂ Concentration had a partial effect on Lung Function Capacity in COVID-19 survivors, while CO Concentration did not significantly affect Lung Function Capacity in COVID-19 survivors. Simultaneously, there was a significant effect of PM_{2.5} Concentration, PM₁₀ Concentration, CO Concentration, and NO₂ Concentration on Lung Function Capacity in COVID-19 survivors with a large effect of 21.9%. COVID-19 survivors are advised to pay attention to air circulation in their living and working environments by maintaining room cleanliness, and avoiding exposure to excessive smoke and chemicals to maintain healthy lung function.

Keywords : COVID-19 Survivors, Air Quality, Lung Function
References : 73 (2011-2024)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia dan hidayah-Nya penyusunan tesis dengan judul **“Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap Kapasitas Fungsi Paru Pada Penyintas COVID-19 di 5 (Lima) Kecamatan Kota Palembang”** ini dapat terselesaikan. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Program Magister pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat di Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang.

Pelaksanaan penelitian, proses penulisan, dan penyelesaian tesis ini dapat berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE., M.Si selaku Rektor Universitas Sriwijaya
2. Prof. Dr. Misnaniarti, S.K.M., M.K.M selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
3. Prof. Dr. Rostika Flora, S.Kep, M.Kes selaku Ketua Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat
4. Prof. Dr. Yuanita Windusari, S.Si, M.Si selaku Pembimbing I
5. Prof. Dr. rer. med. H. Hamzah Hasyim, S.K.M., M.K.M selaku Pembimbing II
6. Dr. Elvi Sunarsih, S.K.M., M.K.M selaku Penguji I
7. Prof. Dr. dr. HM. Zulkarnain, M.Med. Sc., PKK selaku Penguji II
8. Dr. dr. Rizma Adlia Syakurah, MARS, selaku Penguji III
9. Segenap dosen pengajar di Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmunya.
10. Balai Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Palembang Direktorat Jenderal Kesehatan Primer dan Komunitas Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
11. Dinas Kesehatan Kota Palembang Provinsi Sumatera Selatan
12. Keluargaku, terutama kedua orang tuaku (H. Endjum dan Hj. Emah), istriku Dwi Ayu Saputri dan anak-anakku (Amirah Mirza Hanania, Mahira Almeirah

Maritza, Muhammad Aimar Al Khawarizmi, dan Muhammad Aiman Fayza Ali), serta kakak kandung Hj. Enok Paridah yang selalu memberikan doa, dukungan moral, material, dan semangat yang luar biasa dimasa kuliah S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat, pencapaian ini takkan pernah terjadi tanpa doa tulus dari kalian.

13. Sahabatku, Mbak Hilma yang telah banyak membantu, terima kasih telah berjuang bersama hingga berhasil meraih gelar M.K.M, Tim Kesling (Mbak Tiwi, Mbak Ummi, Mbak Elda, Mbak Yuvita, Mas Lega, Mas Andi, Mba Fa Bu Tri, dan Mbak Seni) mokasi yak untuk selalu hadir dan memberi semangat dalam setiap perjuangan menuju MKM. Hubullah Fuadzy (Loka Labkesmas Pangandaran) terima kasih dukungan dan bantuannya, Tim Labkesmas Palembang (Badri, Sariayu, Ade, Indah, Bu Nurul, Fison, Lia, dan Cek Obi), terima kasih untuk segala kemudahan dan pengertian selama proses perkuliahan berlangsung, kalian luar biasa!
14. Teman-teman seperjuangan mahasiswa S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya yang telah membantu dan memberi semangat penulis untuk menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih mempunyai kekurangan. Namun demikian, penulis tetap berharap kiranya tesis ini bisa memberi manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pihak lain.

Palembang, 10 Juli 2025

Penulis

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat, pada tanggal 30 Juni 1984. Penulis merupakan putra dari Bapak H. Endjum dan Ibu Hj. Emah, serta anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menikah dengan Ibu Dwi Ayu Saputri dan dikaruniai empat orang anak, yaitu dua anak laki-laki bernama Muhammad Aimar Al Khawarizmi dan Muhammad Aiman Fayza Ali, serta dua anak perempuan bernama Amirah Mirza Hanania dan Mahira Almeirah Maritza.

Pendidikan dasar ditempuh di SDN Tirtalaya dan diselesaikan pada tahun 1997, kemudian melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Pagerageung hingga lulus pada tahun 2000. Pendidikan menengah atas diselesaikan di SMAN 2 Tasikmalaya pada tahun 2003. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan Diploma III di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung pada tahun 2003–2006. Pada tahun 2007–2011, penulis melanjutkan pendidikan Sarjana Kesehatan Masyarakat di Universitas Indonesia, dengan peminatan di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Penulis juga pernah mengikuti program *short course* selama enam bulan dalam bidang *Public Health Leadership and Climate Change Adaptation* di *Griffith University, Australia*.

Pada akhir tahun 2008, penulis diangkat sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) di lingkungan Kementerian Kesehatan dan hingga saat ini bertugas di Balai Laboratorium Kesehatan Masyarakat Palembang. Selain menjalankan tugas sebagai ASN, penulis juga aktif dalam organisasi profesi, yaitu Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia (HAKLI) DPW Sumatera Selatan, dan sejak tahun 2021 menjabat sebagai Kepala Bidang Pengabdian Masyarakat dan IPTEK.

Pada tahun 2021, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya, dengan bidang kajian utama Kesehatan Lingkungan.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LUAR	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1 Tujuan Umum.....	6
1.3.2 Tujuan Khusus.....	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.4.1 Manfaat Teoritis	7
1.4.2 Manfaat Praktis.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 COVID-19	9
2.1.1 Pengertian.....	9
2.1.2 Virologi	9
2.1.3 Epidemiologi	11
2.1.4 Manifestasi Klinis.....	12
2.1.5 Penularan.....	14
2.1.6 Komplikasi	15

2.1.7 Fungsi Paru Pasien <i>COVID-19</i>	16
2.2 Polusi Udara PM ₁₀	17
2.2.1 Pengertian.....	17
2.2.2 Sumber.....	18
2.2.3 Dampak	18
2.2.4 Standar.....	19
2.3 Karbonmonoksida.....	19
2.3.1 Pengertian.....	19
2.3.2 Dampak	21
2.3.3 Standar atau Nilai Ambang Batas	21
2.4 Penelitian Terdahulu.....	22
2.5 Kerangka Teori.....	24
2.6 Kerangka Konsep.....	26
2.7 Hipotesis	26
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Desain Penelitian	27
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.2.1 Lokasi Penelitian	27
3.2.2 Waktu Penelitian	27
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian.....	27
3.3.1 Populasi	27
3.3.2 Sampel.....	28
3.4 Definisi Operasional	32
3.5 Variabel Penelitian.....	34
3.5.1. Variabel Dependen	34
3.5.2. Variabel Independen.....	34
3.6 Cara Pengumpulan Data	37
3.6.1. Sumber Data	37
3.6.2 Instrumen Pengumpulan Data	40
3.7 Metode Pengolahan dan Analisis Data	41
3.7.1 Pengolahan Data.....	41
3.7.2 Analisis Data	41
3.8 Etika Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47

4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	47
4.1.1	Iklim	48
4.1.2	Wilayah Administratif.....	48
4.1.3	Kependudukan.....	49
4.2.	Hasil Penelitian.....	49
4.2.1.	Analisis Univariat.....	49
4.2.2.	Analisis Bivariat	60
4.2.3.	Analisis Multivariat	61
4.3.	Pembahasan	72
4.3.1.	Hubungan antara Konsentrasi Debu PM _{2,5} dengan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas <i>COVID-19</i>	72
4.3.2.	Hubungan antara Konsentrasi Debu PM ₁₀ dengan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas <i>COVID-19</i>	74
4.3.3.	Hubungan antara Konsentrasi Karbonmonoksida (CO) dengan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas <i>COVID-19</i>	76
4.3.4.	Hubungan antara Konsentrasi Nitrogendioksida (NO ₂) dengan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas <i>COVID-19</i>	78
4.3.5.	Pengaruh Parameter Kualitas Udara Ruang (PM _{2,5} ; PM ₁₀ ; CO; dan NO ₂) terhadap Kapasitas Fungsi Paru pada Penyintas <i>COVID-19</i>	79
4.4.	Keterbatasan Penelitian	81
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1.	Kesimpulan	84
5.2.	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA.....		87
LAMPIRAN 1.....		94
LAMPIRAN 2.....		105
LAMPIRAN 3.....		108

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Sampel yang digunakan pada penelitian	30
Tabel 3.2. Definisi Operasional	32
Tabel 4. 1. Distribusi Parameter Kualitas Udara Ruang (PM _{2,5} , PM ₁₀ , CO, dan NO ₂) dan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas COVID-19 di Kota Palembang.....	50
Tabel 4. 2. Analisis Hubungan Antara Parameter Kualitas Udara Ruang (PM _{2,5} , PM ₁₀ , CO, dan NO ₂) dengan Kapasitas Fungsi Paru Penyintas COVID-19 di Kota Palembang	60
Tabel 4. 3. Hasil Uji Asumsi Multikolinieritas	66
Tabel 4. 4. Hasil Uji Autokorelasi	67
Tabel 4. 5. Hasil Uji Asumsi Eksistensi	68
Tabel 4. 6. Hasil Analisis Pengaruh Kualitas Udara Ruang Terhadap Kapasitas Fungsi Paru Pada Penyintas COVID-19 di Kota Palembang	69
Tabel 4. 7. Residual Statistik	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Teori Segitiga Epidemiologi COVID-19	24
Gambar 2. 2. Patofisiologi Paru Penyintas COVID-19	25
Gambar 2. 3. Kerangka Konsep Penelitian	26
Gambar 3. 1. Seleksi Subjek Penelitian	31
Gambar 4. 1. Grafik Histogram Asumsi Normalitas Model Regresi Linier Berganda	62
Gambar 4. 2. Plot Q-Q untuk Parameter PM_{10}	62
Gambar 4. 3. Plot Q-Q untuk Parameter $PM_{2.5}$	63
Gambar 4. 4. Plot Q-Q untuk Parameter CO	64
Gambar 4. 5. Plot Q-Q untuk Parameter NO_2	65
Gambar 4. 6. Grafik Pengujian Homoskedastisitas	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Uji	94
Lampiran 2 Output SPSS	105
Lampiran 3 Foto-foto Pengambilan Sampel	108

DAFTAR SINGKATAN

<i>AlphaCoV</i>	: <i>Alphacoronavirus</i>
<i>AQI</i>	: <i>Air Quality Index</i>
<i>BetaCoV</i>	: <i>Betacoronavirus</i>
<i>CO</i>	: <i>Carbonmonoxide</i>
<i>COVID-19</i>	: <i>Corona Virus Disease 2019</i>
<i>DeltaCoV</i>	: <i>Deltacoronavirus</i>
Dinkes	: Dinas Kesehatan
<i>EIT</i>	: <i>Electrical Impedance Tomography</i>
<i>FEV₁</i>	: <i>Forced Expiratory Volume in one second</i>
<i>FVC</i>	: <i>Forced Vital Capacity</i>
<i>GammaCoV</i>	: <i>Gammacoronavirus</i>
<i>MERS</i>	: <i>Middle East Respiratory Syndrome</i>
NAB	: Nilai Ambang Batas
<i>NO₂</i>	: <i>Nitrogen Dioxide</i>
Permenkes RI	: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
<i>PM₁₀</i>	: <i>Particulate Matter 10 mikron</i>
<i>PM_{2.5}</i>	: <i>Particulate Matter 2.5 mikron</i>
PPOK	: Penyakit Paru Obstruktif Kronis
<i>RT-PCR</i>	: <i>Real Time Polymerase Chain Reaction</i>
<i>SARS</i>	: <i>Severe Acute Respiratory Syndrome</i>
<i>SARS-CoV-2</i>	: <i>Severe Acute Repository Syndrome Coronavirus 2</i>
<i>WHO</i>	: <i>World Health Organization</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tanggal 31 Desember 2019, pihak berwenang di Kota Wuhan Provinsi Hubei Tiongkok, melaporkan mengenai kasus pneumonia yang tidak dapat dikonfirmasi etiologi penyakitnya. Hasil pemeriksaan *Real Time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)* mengonfirmasi lima sampel pasien pneumonia tersebut positif terinfeksi virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2)* dengan penyakitnya disebut sebagai *Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)* (WHO, 2020). Sejak saat itu, virus ini menyebar dengan sangat cepat ke berbagai penjuru dunia, mengakibatkan lumpuhnya sistem *layanan* kesehatan, sosial masyarakat, hingga perekonomian dunia (Albitar *et al.*, 2020).

COVID-19 adalah virus yang menyebabkan berbagai penyakit infeksi saluran pernapasan, mulai dari flu biasa hingga penyakit yang serius seperti *Middle East Respiratory Syndrome (MERS)* dan Sindrom Pernapasan Akut Berat/ *Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)*. Penyakit ini menyebar melalui tetesan pernapasan yang dihasilkan dari batuk dan bersin. Virus ini dapat tetap bertahan hingga tiga hari dalam plastik dan *stainless steel* SARS CoV-2 dapat bertahan hingga tiga hari juga mampu bertahan hingga tiga jam dalam aerosol (Cascella *et al.*, 2023). Coronavirus hanya mampu berpindah lewat media tangan, baju dan lainnya yang terkena tetesan batuk dan bersin (Kemenkes RI, 2020).

Menurut *World Health Organization (WHO)* tahun 2020 per tanggal 25 November 2021 terdapat 258.164.425 kasus *COVID-19* didunia, dengan 5.166.192 kematian (CFR 2,0%) di 204 negara yang terjangkit dan 151 negara transmisi komunitas (WHO, 2020). Indonesia memiliki kasus *COVID-19* menurut Kementerian Kesehatan per tanggal 22 September 2022

adalah sebanyak 6,417,490 orang terkonfirmasi positif *COVID-19* dan ada 157,966 kematian yang dilaporkan, dan jumlah pasien yg telah sembuh sebanyak 6,236,021 pasien telah sembuh dari penyakit (Kemenkes RI, 2022). Tiga tahun periode pandemi *COVID-19*, penyakit ini telah memberikan dampak terhadap 235 negara di dunia berupa ancaman kesehatan masyarakat global. WHO melaporkan bahwa selama penularan *COVID-19*, angka kesakitan mencapai lebih dari 760 juta kasus dan 6,9 juta kematian penduduk dunia, namun masih banyak lagi kasus-kasus yang tidak dilaporkan (*factsheet* WHO). Angka kesakitan terkonfirmasi positif *COVID-19* di Indonesia mencapai 6.811.945 kasus dengan angka kematian mencapai 161.870 orang (WHO, 2020).

COVID-19 merupakan penyakit sistem pernapasan pada manusia yang disebabkan oleh kelompok virus corona dengan jenis *SARS-CoV-2*. Virus ini memiliki hubungan kekerabatan dengan *SARS-CoV-1* yang menjadi epidemi di Tiongkok tahun 2003, dan *MERS-CoV* di Arab Saudi tahun 2012, tetapi infeksi *SARS-CoV-2* menimbulkan jenis gejala dan tingkat keparahan yang beragam dibandingkan dengan virus corona lainnya. Namun pada umumnya akan timbul manifestasi klinis berupa sakit kepala, kehilangan penciuman dan rasa, hidung tersumbat dan rinorea, batuk, nyeri otot, sakit tenggorokan, demam, diare, dan kesulitan bernapas. Penularan *COVID-19* terjadi karena adanya kontak antara orang sakit dengan orang disekitarnya baik kontak langsung (droplet/aerosol infeksius pada pernapasan) ataupun tidak langsung (media/benda infeksius). Virus menginfeksi tubuh manusia melalui jalur selaput lendir mata, mulut, atau hidung kemudian masuk ke rongga sinus, tenggorokan, hingga akhirnya bereplikasi di sepanjang saluran pernapasan manusia sampai dengan timbulnya gejala.

Selama pandemi *COVID-19* berlangsung, telah diidentifikasi lima varian virus *SARS CoV-2* yang mendapat perhatian yaitu *Alfa* (B.1.1.7), *Beta* (B.1.351), *Gamma* (P.1), *Delta* (B.1.617.2), dan *Omicron* (B.1.1.529). Susunan asam amino yang unik yang dimiliki oleh setiap varian virus mempunyai perbedaan dalam proses penularan, tingkat keparahan, serta

kerentanan terhadap respon imun alami atau adaptif (Jacobs *et al.*, 2022). Umumnya varian *Omicron* lebih mudah menular dibandingkan varian lainnya, namun dengan dampak keparahan gejala yang relatif ringan. Hal ini kemungkinan karena rendahnya tingkat replikasi virus pada saluran pernapasan bagian bawah (Ariyamuthu *et al.*, 2022). Adapun varian *Delta* memiliki tingkat replikasi mencapai 97% lebih cepat dibandingkan dengan varian lain, sehingga orang yang terinfeksi varian delta memiliki *viral load* yang tinggi (Young *et al.*, 2022), bahkan dengan risiko kematian tertinggi dibandingkan dengan varian lainnya (Ariyamuthu *et al.*, 2022).

Bagi para penyintas *COVID-19*, gejala kelelahan dan sesak nafas merupakan gangguan kesehatan yang sering dialami setelah sembuh dari penyakit tersebut (Loaiza-Ceballos *et al.*, 2022). Review yang dilakukan oleh Katna de Oliveira Almeida, 2023 menunjukkan bahwa penyintas *COVID-19* mengalami penurunan fungsi fisik, aktivitas sehari-hari, dan kualitas hidup karena faktor kecacatan fisik berupa gangguan fungsi paru-paru. Patogenesisnya bersifat multifaktorial, tetapi kemungkinan adanya keterlibatan endotelopati paru dan perubahan pro-trombotik, serta produksi sitokin inflamasi (Mantovani *et al.*, 2022). Penelitian Bull-Ottersson, *et al.* (2022) menyatakan bahwa penyintas *COVID-19* memiliki risiko dua kali lipat terkena emboli paru dan gangguan pernapasan yang mungkin disebabkan oleh *COVID-19* sebelumnya. Selain itu, berisiko signifikan terkena fibrosis paru setelah pneumonia akibat *COVID-19* sehingga memungkinkan penyintas *COVID-19* akan mengalami penurunan kualitas kesehatan karena sering mengeluh batuk kering, kelelahan, dan sesak nafas.

Pada kondisi lainnya, penyintas *COVID-19* dihadapkan pada buruknya kualitas udara lingkungan yang dapat mempengaruhi sistem kardiorespiratori. Bukti menunjukkan bahwa paparan polusi udara yang berlangsung terus menerus dapat menginduksi kondisi peradangan, memodulasi sistem kekebalan tubuh, dan meningkatkan ekspresi molekul yang mendukung patogenesis virus pernapasan sehingga menimbulkan gangguan sistem pernapasan (Loaiza-Ceballos *et al.*, 2022). Sejalan dengan itu, penelitian Lee *et al.* (2021) menjelaskan bahwa polutan berupa partikel

dan gas beracun di udara yang menumpuk di paru-paru memperburuk gejala penyakit pernapasan seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), sehingga memperburuk gejala pernapasan akut dan kronis pada pasien dengan penyakit saluran pernapasan kronis, dan meningkatkan morbiditas dan risiko rawat inap yang berhubungan dengan penyakit pernapasan. Begitu pula Scaramuzza et al. (2022) menemukan bahwa 45% penyintas *COVID-19* mengalami dyspnea setelah satu tahun sembuh dari penyakit tersebut, yang ditunjukkan dengan ketidakhomogenan *Electrical Impedance Tomography* (EIT) selama pernapasan tenang ataupun dipaksa. Uraian tersebut menunjukkan bahwa penyintas *COVID-19* yang mengalami kecacatan fisik organ pernapasan, besar kemungkinan semakin parah sistem pernapasannya karena terpapar oleh polusi udara lingkungan yang semakin hari semakin buruk. Oleh karena itu, upaya program rehabilitasi paru seperti pernapasan, ketahanan, peregangan, latihan ketahanan kardiorespirasi, fisioterapi pernapasan, teknik relaksasi, dan edukasi, secara signifikan meningkatkan fungsi paru-paru dan mengurangi penyakit emboli dan fibrosis paru (Wijaya, Nazir and Nusjirwan, 2023).

Di Kota Palembang sendiri, sejak tahun 2020 jumlah pasien yang terkonfirmasi *COVID-19* adalah sebanyak 5.480 kasus, dimana 269 pasien meninggal dan 4.175 pasien sembuh. Kasus *COVID-19* terus meningkat di tahun 2021, setidaknya terdapat 30.416 kasus terkonfirmasi dan 1.187 pasien meninggal sedangkan 29.221 pasien lainnya dinyatakan sembuh. Sedangkan ditahun 2022, jumlah pasien yang terkonfirmasi meningkat lagi menjadi 46.725 pasien dengan 1.361 pasien meninggal dan 45.354 dinyatakan sembuh (Dinas Kesehatan Kota Palembang, 2020).

Pada penderita *COVID-19* yang telah sembuh, sebagian besar masih mengeluhkan adanya gejala menetap dan beberapa lainnya tidak memiliki gejala, namun juga terancam untuk mengalami gangguan pada fungsi parunya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Huang et al. (2021) di RS Jin Yin-tan Wuhan pada penyintas *COVID-19*, sebagian besar individu memiliki setidaknya satu gejala yang menetap bahkan setelah 6 bulan onset pertama gejala. Salah satu gejalanya ialah masalah pada pernapasan seperti

batuk, sesak napas, dan nyeri dada sehingga dapat mengganggu produktivitas seseorang. Adanya komplikasi pada pernapasan, maka penurunan fungsi paru juga dapat terjadi. Fungsi paru pada individu *post-COVID-19* memperlihatkan bahwa individu dapat mengalami gejala restriktif dan disfungsi saluran pernafasan ringan yang bisa menetap. Gangguan restriktif dapat mengganggu ekspansi paru dan memengaruhi kerja pernapasan untuk mengatasi resistensi elastis. Gejala ini juga dicurigai dapat terjadi terus menerus berlangsung hingga bertahun-tahun setelah dipulangkan (Huang *et al.*, 2021).

Berbagai aktivitas manusia telah memberikan dampak peningkatan konsentrasi polutan di udara terutama SO₂, NO₂, NH₃, CO, O₃, dan PM (2,5 dan 10). Di Indonesia, sektor transportasi paling berkontribusi menyumbang polusi udara sebesar 80%, kemudian polutan dari sektor industri, peristiwa kebakaran hutan, dan aktivitas rumah tangga (Budi Haryanto, 2020). Adapun dampak polusi udara di DKI Jakarta telah berkontribusi terhadap lebih dari 7.000 dampak kesehatan yang merugikan pada anak-anak, lebih dari 10.000 kematian, dan lebih dari 5.000 rawat inap, dengan total biaya kesehatan tahunan mencapai sekitar USD 2.943,42 juta (Syuhada *et al.*, 2023).

Paparan polusi udara saat ini merupakan salah satu resiko kesehatan lingkungan terpenting di dunia dan telah dikaitkan dengan berbagai efek kesehatan termasuk gangguan fungsi paru, penyakit pernafasan, kanker, kardiovaskular, aterosklerosis, bahkan kematian dini. Korelasi positif antara paparan jangka panjang konsentrasi tinggi komponen polutan udara berupa bahan partikulat (PM 2,5 & 10), SO₂, CO, NO₂, O₃ terhadap morbiditas dan peningkatan penyakit autoimun dan terutama pernapasan (Juarez *et al.*, 2022). Penelitian Yeong Yee (2021) mengungkapkan hubungan antara paparan polutan udara dan kunjungan ke rumah sakit terutama pneumonia, bahwa setiap peningkatan 10 µg/m³ PM_{2.5} dan PM₁₀ berkorelasi dengan peningkatan masing-masing sebesar 1,0% (95% CI: 0,5–1,5) dan 0,4% (95% CI: 0,2–0,6) pada kunjungan pasien ke UGD karena pneumonia.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai bagaimana kondisi penyintas *COVID-19* yang notabene mengalami kecacatan fisik sistem pernapasan terutama paru-paru menghadapi buruknya kualitas udara di daerah perkotaan. Meskipun telah banyak penelitian mengenai dampak buruknya kualitas udara terhadap pneumonia, tetapi masih jarang penelitian terhadap para penyintas *COVID-19*. Oleh karena itu, penelitian ini ingin memberikan lebih banyak bukti mengenai dampak polusi udara terhadap kesehatan masyarakat dalam berbagai kondisi dan untuk mendorong peningkatan strategi dan kebijakan pengendalian pencemaran udara perkotaan.

1.2 Rumusan Masalah

Fungsi paru pada individu *post-COVID-19* memperlihatkan bahwa individu dapat mengalami gejala restriktif dan disfungsi saluran pernafasan ringan yang bisa menetap. Gangguan restriktif dapat mengganggu ekspansi paru dan memengaruhi kerja pernapasan untuk mengatasi resistensi elastis. Gejala ini juga dicurigai dapat terjadi terus menerus berlangsung hingga bertahun-tahun setelah dipulangkan. Paparan polusi udara saat ini merupakan salah satu resiko kesehatan lingkungan terpenting di dunia dan telah dikaitkan dengan berbagai efek kesehatan termasuk gangguan fungsi paru. Beberapa faktor seperti polusi udara seperti, debu PM_{10} dan $PM_{2.5}$, karbonmonoksida (CO), dan NO_2 berdampak terhadap kesehatan khususnya mempengaruhi fungsi paru. Untuk itulah penelitian ini dilakukan agar dapat menganalisis bagaimana pengaruh kualitas udara ruang yang dilihat dari parameter debu PM_{10} dan $PM_{2.5}$, karbonmonoksida (CO), dan NO_2 terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* di Kota Palembang.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* di Kota Palembang.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini antara lain:

1. Menggambarkan kualitas udara ruang meliputi parameter konsentrasi debu $PM_{2,5}$, PM_{10} , karbonmonoksida (CO), dan nitrogen dioksida (NO_2) di Kota Palembang
2. Menggambarkan kapasitas fungsi paru penyintas *COVID-19* di Kota Palembang
3. Menganalisis hubungan antara konsentrasi debu $PM_{2,5}$ dengan kapasitas fungsi paru penyintas *COVID-19* di Kota Palembang
4. Menganalisis hubungan antara konsentrasi debu PM_{10} dengan kapasitas fungsi paru penyintas *COVID-19* di Kota Palembang
5. Menganalisis hubungan antara konsentrasi karbonmonoksida (CO) dengan kapasitas fungsi paru penyintas *COVID-19* di Kota Palembang
6. Menganalisis hubungan antara konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) dengan kapasitas fungsi paru penyintas *COVID-19* di Kota Palembang
7. Menganalisis pengaruh parsial dan simultan dari parameter kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19*

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini dapat memberi data ilmiah berupa hasil analisis pengaruh kualitas udara ruang (PM_{10} , $PM_{2,5}$, CO, dan NO_2) terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* di Kota Palembang.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Universitas

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pustaka mengenai informasi kesehatan terutama kesehatan masyarakat khususnya mengenai pengaruh kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* di Kota Palembang yang diperuntukkan bagi seluruh civitas akademika.

2. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat meningkatkan pengalaman, pengetahuan dan wawasan peneliti terkait pengaruh kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* serta mengaplikasikan ilmu yang di dapat selama perkuliahan.

3. Bagi Peneliti Lain

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu pengetahuan dan bahan referensi masalah kesehatan pengaruh dari kualitas udara ruang terhadap kapasitas fungsi paru pada penyintas *COVID-19* sehingga bisa menjadi bahan acuan referensi bagi penelitian terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, M. *et al.* (2025) 'Carbon Monoxide Poisoning: Diagnosis, Prognostic Factors, Treatment Strategies, and Future Perspectives', *Diagnostics*, 15(581), pp. 1–21.
- Aisyiah, K., Sutikno and Latra, I.N. (2014) 'Pemodelan Konsentrasi Partikel Debu (PM10) pada Pencemaran di Kota Surabaya dengan Metode Geographically-Temporally Weighted Regression', *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 2(1), pp. 152–157.
- Albitar, O. *et al.* (2020) 'Risk factors for mortality among COVID-19 patients', *Diabetes Research and Clinical Practice*, 166, p. 108293. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108293>.
- Ariyamuthu, R. *et al.* (2022) *Nanotechnology (Materials and Applications)*. Pune City: Kripa-Drishti Publications.
- Bull-Ottersson, L. *et al.* (2022) 'Post-COVID Conditions Among Adult COVID-19 Survivors Aged 18–64 and ≥65 Years', *Morbidity and Mortality Weekly Report Post-COVID*, 71(21), pp. 713–717. Available at: <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm7121e1>.
- Cahyono, T. (2017) *Penyehatan Udara*. Edited by E. Risanto. Yogyakarta: ANDI.
- Cascella, M. *et al.* (2020) *Features, Evaluation and Treatment Coronavirus (COVID-19)*, *StatPearls*. NCBI Bookshelf. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32150360>.
- Coker, E.S. *et al.* (2020) 'The Effects of Air Pollution on COVID-19 Related Mortality in Northern Italy', *Environmental and Resource Economics*, 76, pp. 611–634. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00486-1>.
- Davies, N.G., Abbott, S., *et al.* (2021) 'Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 in England', *Science*, 372, p. eabg3055. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.abg3055>.
- Davies, N.G., Jarvis, C.I., *et al.* (2021) 'Increased mortality in community-tested cases of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7', *Nature*, 593, pp. 270–274. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03426-1>.
- Dinas Kesehatan Kota Palembang (2020) *Profil Dinas Kesehatan Kota Palembang*. Kota Palembang: Dinas Kesehatan Kota Palembang.
- Faria, N.R. *et al.* (2021) 'Genomics and epidemiology of a novel SARS-CoV-2 lineage in Manaus, Brazil', *Science*, 372, pp. 815–821. Available at: <https://pesquisa.bvsalud.org/global-literature-on-novel-coronavirus-2019-ncov/resource/pt/ppcovidwho-326624>.
- Finelli, L. *et al.* (2021) 'Mortality among US Patients Hospitalized with SARS-CoV-2 Infection in 2020', *JAMA Network Open*, 4(4), p. e216556. Available at: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.6556>.

- Frontera, A. *et al.* (2020) 'Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The "double-hit" hypothesis', *Journal of Infection*, 81, pp. 255–259.
- Gebhard, C. *et al.* (2020) 'Impact of sex and gender on COVID-19 outcomes in Europe', *Biology of Sex Differences*, 11(29), pp. 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13293-020-00304-9>.
- Gorbalenya, A.E. *et al.* (2020) 'The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2', *Nature Microbiology*, 5(4), pp. 536–544. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0695-z>.
- Guan, W. *et al.* (2020) 'Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China', *New England Journal of Medicine*, 382(18), pp. 1708–1720. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejmoa2002032>.
- Guo, Z.D. *et al.* (2020) 'Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards, Wuhan, China, 2020', *Emerging Infectious Diseases*, 26(7), pp. 1586–1591. Available at: <https://doi.org/10.3201/eid2607.200885>.
- Huang, C. *et al.* (2021) '6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study', *The Lancet*, 397(10270), pp. 220–232. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32656-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32656-8).
- Hui, D.S. *et al.* (2020) 'The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global health — The latest 2019 novel coronavirus outbreak in Wuhan, China', *International Journal of Infectious Diseases*, 91, pp. 264–266. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.01.009>.
- Jacobs, J.L. *et al.* (2022) 'Plasma SARS-CoV-2 RNA Levels as a Biomarker of Lower Respiratory Tract SARS-CoV-2 Infection in Critically Ill Patients with COVID-19', *Journal of Infectious Diseases*, 226(12), pp. 2089–2094. Available at: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiac157>.
- Juarez, P.D. *et al.* (2022) 'The effects of air pollution, meteorological parameters, and climate change on COVID-19 comorbidity and health disparities: A systematic review', *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4(October), pp. 194–210. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2022.10.002>.
- Kementerian Kesehatan RI (2013) *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah*, *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara*.

- Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik (2011) *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja*.
- Kementrian Kesehatan RI (2016a) 'Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran'.
- Kementrian Kesehatan RI (2016b) *Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 70 Tahun 2016 Tentang Standar dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri*.
- Kementrian Kesehatan RI (2023a) *Infeksi Emerging, Kemenkes RI*.
- Kementrian Kesehatan RI (2023b) *Lapor COVID-19*. Available at: <https://laporcovid19.org/data-pandemi>. (Accessed: 5 January 2025).
- Kenneth McIntosh, M., Martin S Hirsch, M. and Allyson Bloom, M. (2020) 'Coronavirus disease 2019 (COVID-19).', *UpToDate*, pp. 1–27.
- Konstantinoudis, G. *et al.* (2021) 'Long-term exposure to air-pollution and COVID-19 mortality in England: A hierarchical spatial analysis', *Environment International*, 146, p. 106316. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106316>.
- Lan, D. *et al.* (2024) 'The impact of air pollution on interstitial lung disease: a systematic review and meta-analysis', *Frontiers in Medicine*, 10, p. 1321038. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1321038>.
- Lauer, S.A. *et al.* (2020) 'The incubation period of coronavirus disease 2019 (CoVID-19) from publicly reported confirmed cases: Estimation and application', *Annals of Internal Medicine*, 172(9), pp. 577–582. Available at: <https://doi.org/10.7326/M20-0504>.
- Lee, Y.G. *et al.* (2021) 'Effects of Air Pollutants on Airway Diseases', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9905), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph18189905>.
- Letko, M., Marzi, A. and Munster, V. (2020) 'Functional assessment of cell entry and receptor usage for SARS-CoV-2 and other lineage B betacoronaviruses', *Nature Microbiology*, 5, pp. 562–569. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0688-y>.
- Li, Z. *et al.* (2023) 'Short-Term Effects of Carbon Monoxide on Morbidity of Chronic Obstructive Pulmonary Disease With Comorbidities in Beijing', *GeoHealth*, 7, p. e2022GH000734. Available at: <https://doi.org/10.1029/2022GH000734>.
- Liu, Yuan *et al.* (2020) 'Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals', *Nature*, 582(7813), pp. 557–560. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
- Loaiza-Ceballos, M.C. *et al.* (2022) 'Viral respiratory infections and air pollutants',

- Air Quality, Atmosphere and Health*, 15, pp. 105–114. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01088-6>.
- Lotfia, M., Hamblin, M.R. and Rezaei, N. (2020) ‘COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities’, *Clinica Chimica Acta*, 508, pp. 254–266. Available at: www.elsevier.com/locate/cca Review.
- Mantovani, A. *et al.* (2022) ‘Long Covid: where we stand and challenges ahead’, *Cell Death and Differentiation*, 29(10), pp. 1891–1900. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41418-022-01052-6>.
- Marquès, M. and Domingo, J.L. (2022) ‘Positive association between outdoor air pollution and the incidence and severity of COVID-19. A review of the recent scientific evidences’, *Environmental Research*, 203. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111930>.
- Mursinto, D. and Kusumawardani, D. (2016) ‘Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Di Indonesia’, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), p. 163. Available at: <https://doi.org/10.15294/kemas.v11i2.3677>.
- Nopp, S. *et al.* (2022) ‘Outpatient Pulmonary Rehabilitation in Patients with Long COVID Improves Exercise Capacity, Functional Status, Dyspnea, Fatigue, and Quality of Life’, *Respiration*, 101, pp. 593–601. Available at: <https://doi.org/10.1159/000522118>.
- Park, J. *et al.* (2021) ‘Impact of long-term exposure to ambient air pollution on the incidence of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis’, *Environmental Research*, 194, p. 110703. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110703>.
- Peng, Z. *et al.* (2022) ‘Practical Indicators for Risk of Airborne Transmission in Shared Indoor Environments and Their Application to COVID-19 Outbreaks’, *Environmental Science and Technology*, 56(2), pp. 1125–1137. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c06531>.
- Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (2020) ‘Pneumonia : Pedoman Diagnosis dan Tata Laksana Medis’, *Ikatan Dokter Indonesia*, (19), pp. 19–22.
- Perlman, S. (2020) ‘Another Decade, Another Coronavirus’, *New England Journal of Medicine*, 382(8), pp. 760–762. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejme1917479>.
- PP RI (1999) ‘Peraturan Pemerintah RI No 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara’, p. 18.
- Prasetyo, A. (2023) *Hubungan Riwayat Derajat Keparahan Klinis COVID-19 dengan Fungsi Paru pada Penyintas COVID-19 di Fakultas Kedokteran Universitas Andalas Palembang*. Universitas Andalas.
- Qin, W. *et al.* (2021) ‘Diffusion Capacity Abnormalities for Carbon Monoxide in Patients with COVID-19 At Three- Month Follow-up’, *European Respiratory Journal* [Preprint].

- Rahmawati, T.M. and Yudhastuti, R. (2021) 'Literature Review: Paparan Jangka Panjang PM2.5 Berisiko Meningkatkan Kematian Akibat COVID-19', *Media Gizi Kesmas*, 10(2), pp. 307–319. Available at: <https://doi.org/10.20473/mgk.v10i2.2021.307-319>.
- Raman, R., Patel, K.J. and Kishu Ranjan (2021) 'Covid-19: Unmasking Emerging Sars-Cov-2 Variants, Vaccines and Therapeutic Strategies', *Biomolecules*, 11(993), pp. 1–30. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34356617/>.
- Ramanathan, K. *et al.* (2020) 'Planning and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases', *The Lancet Respiratory Medicine*, 8, pp. 518–526. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30121-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30121-1).
- Riedel, S. *et al.* (2019) *Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology*, 28e. McGraw Hill.
- Sari, H. (2021) *Hubungan Tingkat Keparahan Gejala dengan Kejadian Prolog Sign Pasien Post COVID-19: Literatur Review*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Sastroasmoro, S. (2014) *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta: Sagung Seto.
- Scaramuzza, G. *et al.* (2022) 'Long-term dyspnea, regional ventilation distribution and peripheral lung function in COVID-19 survivors: a 1 year follow up study', *BMC Pulmonary Medicine*, 22(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/s12890-022-02214-5>.
- Stokes, E.K. *et al.* (2020) 'Coronavirus Disease 2019 Case Surveillance — United States, January 22–May 30, 2020', *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 69(24), pp. 759–765. Available at: <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6924e2>.
- Sugiarti (2009) 'Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia', *Jurnal Chemical*, 10(1), pp. 50–58.
- Sugiyono (2017) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono (2019) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syuhada, G. *et al.* (2023) 'Impacts of Air Pollution on Health and Cost of Illness in Jakarta, Indonesia', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph20042916>.
- Tegally, H. *et al.* (2021) 'Detection of a SARS-CoV-2 variant of concern in South Africa', *Nature*, 592(7854), pp. 438–443. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03402-9>.
- Vaughan, A. (2021) *Omicron emerges*, *New Scientist*. Reed Business Information

Ltd, England. Available at: [https://doi.org/10.1016/s0262-4079\(21\)02140-0](https://doi.org/10.1016/s0262-4079(21)02140-0).

WHO (2020) *COVID-19*.

WHO (2021) *WHO global air quality guidelines : Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*, WHO. Germany: WHO European Centre for Environment and Health.

Wijaya, S.A., Nazir, A. and Nusjirwan, R. (2023) 'Rehabilitation Management to Improve Respiratory Function in Severe and Critical COVID-19 Survivors: A Literature Review', *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 18(sp1), p. 11. Available at: <https://doi.org/10.21109/kesmas.v18isp1.7028>.

Yee, J. *et al.* (2021) 'Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis', *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 20(6), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00687-7>.

Young, M. *et al.* (2022) 'Covid-19: virology, variants, and vaccines', *BMJ Medicine*, 1(1), p. e000040. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2021-000040>.

Yu, Z. *et al.* (2023) 'Associations of improved air quality with lung function growth from childhood to adulthood: the BAMSE study', *European Respiratory Journal*, 61(5), pp. 3–5. Available at: <https://doi.org/10.1183/13993003.01793-2022>.

Zhang, H. *et al.* (2022) 'Lung-Function Trajectories in COVID-19 Survivors After Discharge: A two-year Longitudinal Cohort Study', *eClinicalMedicine*, 54, pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101668>.

Zhou, P. *et al.* (2020) 'A Pneumonia Outbreak Associated with a New Coronavirus of Probable Bat Origin', *Nature*, 579, pp. 270–273. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>.

Zhu, N. *et al.* (2020) 'A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019', *New England Journal of Medicine*, 382(8), pp. 727–733. Available at: <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>.