

**HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA JALAN RAYA
DENGAN GEJALA ISPA PADA PENGEMUDI OJEK ONLINE
DI KABUPATEN DELI SERDANG**

SKRIPSI



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Oleh :

SHAFSA SALSABILA

2208260255

**FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN 2025

**HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA JALAN RAYA
DENGAN GEJALA ISPA PADA PENGEMUDI OJEK ONLINE
DI KABUPATEN DELI SERDANG**

**Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Kelulusan Sarjana Kedokteran**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Oleh :

SHAFSA SALSABILA

2208260255

**FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN 2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Shafa Salsabila
NPM : 2208260255
Judul Skripsi : HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA JALAN
RAYA DENGAN GEJALA ISPA PADA PENGEMUDI
OJEK ONLINE DI KABUPATEN DELI SERDANG
TAHUN 2025

Demikianlah pernyataan ini saya perbuat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 30 Januari 2026

Peneliti,



Shafa Salsabila

2208260255

LEMBAR PENGESAHAN



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
Jalan Gedung Area No. 53 Medan 20217 Telp. (061) 7350163 – 7333162 Ext.
20 Fax. (061) 7363488
Website : fk@umsu.ac.id



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Shafa Salsabila
NPM : 22082602255
Judul : Hubungan Paparan Polusi Udara Jalan Raya Dengan Gejala ISPA
Pada Pengemudi Ojek Online Di Kabupaten Deli Serdang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian
persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran Fakultas Kedokteran
dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing

(dr. Siti Mirhalina Hasibuan Sp.PA)

Penguji 1

(dr. Nurcahya Sinaga, Sp.A(K))

Penguji 2

(dr. Fitri Nur Malini Siregar, Sp.GK)

Mengetahui



(dr. Siti Maslana Siregar, Sp. THT-KL., Subsp. Rino(K))
NIDN : 0106098201

Ketua Program Studi
Pendidikan Dokter
FKIK UMSU

(dr. Desi Isnayanti, M.Pd.Ked)
NIDN : 0112098605

Ditetapkan di : Medan
Tanggal : 4 Februari 2026

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Hubungan Paparan Polusi Udara Jalan Raya dengan Gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Pengemudi Ojek Online di Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dalam penyusunan skripsi ini, antara lain sebagai berikut:

1. Ibu dr. Siti Masliana Siregar, Sp.THT-KL(K) selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
2. Ibu dr. Desi Isnayanti, M.Pd.Ked selaku Ketua Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,
3. Ibu dr. Siti Mirhalina Hasibuan, Sp.PA selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya, memberikan waktu, ilmu dan tenaga selama proses penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu dr. Nurcahya Sinaga Sp.A(K) selaku dosen penguji satu, yang telah bersedia memberikan kritikan, saran dan ilmunya kepada penulis dalam penelitian ini,
5. Ibu dr. Fitri Nur Malini Siregar, Sp.GK selaku dosen penguji dua, yang telah bersedia memberikan kritikan, saran dan ilmunya kepada penulis dalam penelitian ini,
6. Ibu dr. Ren Astrid Allail Siregar, M.Ked (PA), Sp.PA selaku dosen pembimbing akademik selama saya berkuliah di pendidikan dokter, yang telah membantu saya dalam menjalani perkuliahan ini,

7. Kedua orang tua tersayang dan terkasih, Ayahanda Amri Muhammad Noer, S.H, M.M dan Ibunda Sundari, atas kasih sayang, dukungan moral dan spiritual, nasihat, serta bantuan materi yang senantiasa diberikan kepada penulis. Doa, perhatian, dan semangat yang tidak pernah putus menjadi motivasi utama bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
8. Saudari-saudari penulis, Kak Tahniah Maulidya, S. Farm., yang senantiasa hadir memberikan semangat, perhatian, dan dukungan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Nasihat, saran, serta kesediaan beliau untuk mendengarkan keluh kesah penulis, khususnya di saat lelah dan menghadapi kesulitan, menjadi sumber kekuatan dan teladan bagi penulis untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan ini. Kepada adik-adik tersayang, Marwa Nurhasanah dan Khayra Alesha, atas perhatian dan kepedulian yang diberikan, terutama dalam mengingatkan penulis untuk beristirahat di tengah kesibukan kuliah. Kehadiran dan dukungan mereka menjadi penyemangat tersendiri bagi penulis dalam menjalani proses pendidikan hingga tahap akhir,
9. Sahabat sejak awal perkuliahan, Meta Octavia, yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan sejak semester pertama, serta kesediaannya untuk selalu mengingatkan, mendampingi, menjadi teman diskusi, dan mendengarkan keluh kesah penulis, sangat berarti dalam perjalanan penulis menempuh perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini,
10. Teman-teman karib, Sabrina Nur Wahyuni Nabilla, Brizelia Fellani, Dinda Rahmadani, Nanda Azura, dan Amirah Khairiyah Tanjung, atas semangat, dukungan, perhatian, kesediaan mereka untuk saling mengingatkan, menjadi teman diskusi, serta menghibur di saat lelah telah memberikan kenangan indah dalam perjalanan penulis menyelesaikan pendidikan,
11. Muhammad Noor Azmi Nugroho, yang senantiasa memberikan semangat, perhatian, dan dukungan kepada penulis sejak masa sekolah menengah hingga proses penyusunan skripsi ini. Kesabaran, pengertian, serta kehadiran yang selalu menguatkan, terutama di saat penulis merasa lelah dan

menghadapi berbagai kesulitan, menjadi sumber motivasi yang berarti bagi penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan pendidikan ini,

12. Diri saya sendiri atas kesabaran, ketekunan, dan kerja keras yang telah saya lakukan selama proses penyusunan skripsi ini. Telah tetap konsisten menghadapi tantangan, belajar dari kesalahan, dan tidak mudah menyerah meski banyak rintangan. Perjuangan dan dedikasi yang saya lakukan hari demi hari telah membawa saya sampai pada pencapaian ini.

Sebagai manusia yang tidak sempurna, penulis sangat menyadari penyusunan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna, karena penulis menyadari bahwa masih banyak keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap, semoga hasil penelitian dan karya tulis ini dapat dijadikan sebagai ilmu yang bermanfaat dan dapat dijadikan referensi di kemudian hari.

Billahi fi sabililhaq Fastabiqul khairat

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 30 Januari 2026



Shafa Salsabila

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shafa Salsabila
NPM : 2208260255
Fakultas : Kedokteran

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas skripsi saya yang berjudul "Hubungan Paparan Polusi Udara Jalan Raya Dengan Gejala ISPA Pada Pengemudi Ojek Online Di Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Medan
Pada Tanggal : 30 Januari 2026

Yang menyatakan,



Shafa Salsabila

ABSTRAK

Pendahuluan: Polusi udara jalan raya merupakan salah satu faktor lingkungan yang berdampak terhadap kesehatan pernapasan, terutama pada kelompok pekerja yang sering terpapar di luar ruangan. Pengemudi ojek online termasuk kelompok rentan karena sebagian besar waktu kerjanya dihabiskan di jalan raya dan terpapar langsung emisi kendaraan bermotor, sehingga berisiko mengalami gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain deskriptif analitik dengan rancangan potong lintang (*cross sectional*) terhadap 96 pengemudi ojek online yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman's rho. **Hasil:** Hasil uji Spearman's rho menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,769$ dengan nilai *Asymptotic Significance* (2-tailed) = 0,000 ($p < 0,001$), yang menandakan adanya hubungan yang bermakna dan sangat kuat antara paparan polusi udara dan gejala ISPA. **Kesimpulan:** Terdapat hubungan yang signifikan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Kata Kunci: Gejala ISPA, Pengemudi ojek online, Polusi udara, PM2.5

ABSTRACT

Background: Road traffic air pollution adversely affects respiratory health, particularly among outdoor workers. Online motorcycle taxi drivers are a vulnerable group due to prolonged exposure to vehicle emissions during daily work activities, increasing the risk of Acute Respiratory Infection (ARI) symptoms. **Objective:** To determine the association between road traffic air pollution exposure and ARI symptoms among online motorcycle taxi drivers in Deli Serdang Regency. **Methods:** A descriptive analytic study with a cross-sectional design was conducted among 96 online motorcycle taxi drivers selected based on inclusion criteria. Data were analyzed using Spearman's rho correlation test. **Results:** Spearman's rho analysis showed a correlation coefficient of $r = 0.769$ with an Asymptotic Significance (2-tailed) value of 0.000 ($p < 0.001$), indicating a very strong and statistically significant association between air pollution exposure and ARI symptoms. **Conclusion:** There is a significant association between road traffic air pollution exposure and ARI symptoms among online motorcycle taxi drivers in Deli Serdang Regency.

Keywords: Air pollution, Online motorcycle taxi drivers, PM2.5, Respiratory infection symptoms

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.3.1 Tujuan Umum.....	2
1.3.2 Tujuan Khusus	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Bagi Peneliti	3
1.4.2 Bagi Masyarakat.....	3
1.4.3 Bagi Institusi Pendidikan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)	4
2.1.1 Pengertian ISPA.....	4
2.1.2 Etiologi ISPA	4
2.1.3 Faktor Resiko ISPA	5
2.1.4 Patofisiologi ISPA	6
2.1.5 Klasifikasi ISPA.....	7
2.1.6 Tanda dan Gejala Klinis ISPA	7

2.2	Polusi Udara.....	8
2.2.1	Definisi Polusi Udara	8
2.2.2	Kandungan Zat Pada Polusi Udara.....	8
2.2.3	Patofisiologi Masuknya Zat Dari Polusi Udara.....	10
2.2.4	Dampak Dari Polusi Udara.....	11
2.2.5	Parameter Kualitas Udara.....	12
2.3	HTI HT-9600	13
2.3.1	Definisi Alat.....	13
2.3.2	Prinsip Kerja.....	14
2.3.3	Spesifikasi Teknis	15
2.3.4	Alat Sejenis.....	16
2.3.5	Hasil Evaluasi dan Validitas Alat.....	16
2.4	Kuesioner BARSHSS-CV	17
2.4.1	Definisi Kuesioner.....	17
2.4.2	Instrumen Kuesioner	17
2.4.3	Status Validitas	18
2.5	Kerangka Teori.....	20
2.6	Kerangka Konsep.....	21
2.7	Hipotesis	21
2.7.1	Hipotesis nol (H_0)	21
2.7.2	Hipotesis alternatif (H_1)	21
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1	Definisi Operasional	22
3.2	Jenis Penelitian.....	22
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.3.1	Waktu Penelitian.....	23
3.3.2	Tempat Penelitian	23
3.4	Populasi dan Sampel	24
3.4.1	Populasi	24
3.4.2	Sampel	24

3.4.3 Besar Sampel	25
3.5 Instrumen Penelitian	26
3.5.1 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.5.2 Uji Validitas Instrumen	28
3.5.3 Uji Reliabilitas Instrumen.....	28
3.6 Teknik Pengumpulan Data	29
3.6.1 Pengukuran Kualitas Udara	29
3.6.2 Pengisian Kuesioner ISPA	30
3.7 Pengolahan dan Analisis Data	31
3.7.1 Pengolahan Data	31
3.7.2 Analisis Data	31
3.8 Alur Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.1.1 Uji Univariat	34
4.1.1.1 Karakteristik Subjek Penelitian Berdasarkan Jenis Kelamin Dan Usia.....	34
4.1.1.2 Karakteristik Subjek Penelitian Tingkat paparan polusi udara (PM2.5) berdasarkan klasifikasi ISPU	35
4.1.1.3 Karakteristik Subjek Penelitian Tingkat keparahan gejala ISPA berdasarkan skor total dari kuesioner	35
4.1.2 Uji Bivariat <i>Spearman</i>	36
4.2 Pembahasan.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis HTI HT-9600	15
Tabel 2.3 Dimensi Kuesioner	18
Tabel 3.1 Definisi Operasional.....	22
Tabel 4.1 Karakteristik Berdasarkan Jenis Kelamin Dan Usia	34
Tabel 4.2 Karakteristik Berdasarkan Polusi Udara	35
Tabel 4.3 Karakteristik Berdasarkan Gejala ISPA	35
Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi Spearman.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat HTI HT-9600.....	14
Gambar 2.2 Kerangka Teori	20
Gambar 2.3 Kerangka Konsep	21
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Penjelasan Kepada Responden.....	46
Lampiran 2 Ethical Clearance	47
Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian	48
Lampiran 4 Kuesioner Identitas Responden dan Gejala ISPA.....	49
Lampiran 5 Distribusi Frekuensi.....	53
Lampiran 6 Lembar Deskripsi Subjek Penelitian	57
Lampiran 7 Dokumentasi	65
Lampiran 8 Daftar Riwayat Hidup.....	66
Lampiran 9 Artikel Publikasi	67

DAFTAR SINGKATAN

APD	: Alat Pelindung Diri
BARSHSS-CV	: Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version
CFA	: Confirmatory Factor Analysis
CFI	: Comparative Fit Index
CO	: Carbon Monoxide
CVI	: Content Validity Index
EFA	: Exploratory Factor Analysis
FEM	: Federal Equivalent Method
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Akut
ISPU	: Indeks Standar Pencemar Udara
NMHC	: Non-Methane Hydrocarbons
NO	: Nitrogen Dioxide
OPC	: Optical Particle Counter
PM	: Particulate Matter
PPOK	: Penyakit Paru Obstruktif Kronik
SO ₂	: Sulfur Dioxide
WHO	: World Health Organization

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan pernapasan adalah bagian penting dari kualitas hidup masyarakat. Di Indonesia, polusi udara menjadi salah satu masalah lingkungan yang paling serius, yang didorong oleh emisi dari kendaraan dan pabrik. Para pekerja yang beraktivitas di luar ruangan dan terpapar langsung oleh udara kotor, seperti pengemudi ojek, sangat berisiko terkena efeknya. Dalam jangka waktu yang panjang, paparan ini dapat mengganggu fungsi paru-paru dan meningkatkan kemungkinan terjadinya infeksi saluran pernafasan akut (ISPA).¹ Data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyatakan bahwa kasus ISPA mencapai 877.531 kasus pada tahun 2023, menjadikannya salah satu penyakit dengan prevalensi tertinggi secara nasional.²

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera Utara, pada tahun 2023 jumlah sepeda motor mencapai 6.658.953 unit, mobil penumpang 813.329 unit, mobil truk 316.652 unit, dan bus 9.191 unit.³ Tingginya jumlah kendaraan ini sejalan dengan peningkatan pencemaran serta dampak langsung pada kualitas udara yaitu mencapai 55.351 kasus ISPA di Provinsi Sumatera Utara. Sedangkan data kasus ISPA berdasarkan pekerjaan sebagai sopir atau buruh yaitu berkisar 75.590 kasus. Hal ini diperburuk oleh banyaknya kendaraan tua yang tetap beroperasi dan menyumbang pencemaran gas buang dalam jumlah besar.⁴ Sementara itu, penelitian lain di Bogor memperkuat bukti bahwa ada keterkaitan antara terpapar polusi udara dan munculnya masalah pernapasan.⁵

Distrik pedesaan Deli Serdang, yang bersebelahan dengan Kota Medan, juga dipengaruhi oleh polusi udara yang berasal dari lalu lintas kota. Berdasarkan data Statistik Daerah Kabupaten Deli Serdang, ISPA merupakan penyakit dengan kasus tertinggi yaitu sebanyak 65.940 kasus.⁶ Pemantauan realtime IQAir, Deli Serdang juga menunjukkan tingginya kadar PM_{2.5} yang merupakan indikator utama sebagai pencemaran udara partikulat yang berbahaya bagi kesehatan paru yaitu mencapai 50-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pada bulan Juni 2025.⁷ Keadaan wilayah yang dekat

dengan pusat aktivitas kendaraan di Medan menjadikan Deli Serdang sebagai wilayah strategis untuk penelitian lokal terkait dampak paparan polusi terhadap kesehatan pernapasan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terkena polusi udara dalam waktu lama dapat mengganggu kerja paru-paru pengemudi ojek online di Jakarta, dan temuan serupa berpotensi relevan untuk konteks Deli Serdang.¹

Dengan mempertimbangkan prevalensi dan data penunjang masalah ISPA, serta buruknya kualitas udara di Deli Serdang, maka peneliti tertarik untuk menganalisis hubungan paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekurangan informasi lokal mengenai paparan partikel halus ($PM_{2.5}$) yang berhubungan dengan penyakit pernapasan pada pengemudi ojek online di kota . Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah untuk mencegah dan mengendalikan infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), terutama bagi pekerja informal yang terpapar polusi udara tinggi di area dengan lalu lintas yang padat. Selain itu , hasil dari penelitian ini juga ditujukan sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut di bidang kesehatan kerja.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat hubungan antara tingkat paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami keterkaitan antara paparan polusi dari kendaraan di jalan raya dan gejala infeksi pernapasan akut (ISPA) yang dialami oleh pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengukur kadar polusi udara ($PM_{2.5}$) pada lokasi operasional ojek online di Kabupaten Deli Serdang
2. Mengidentifikasi tingkat keparahan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang

3. Menganalisis hubungan antara kadar $PM_{2.5}$ dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menambah wawasan dan pengalaman akademisi dalam penulisan makalah dan publikasi ilmiah, terutama yang berkaitan dengan kaitan antara kontaminasi udara di jalan raya dan gejala penyakit pernapasan.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini bisa meningkatkan kesadaran para pengemudi ojek online dan masyarakat umum tentang bahaya polusi udara terhadap kesehatan. Penelitian ini juga bisa jadi dasar untuk mendorong perlindungan yang lebih baik bagi pekerja jalanan.

1.4.3 Bagi Institusi Pendidikan

Studi ini bisa menjadi acuan atau sumber informasi untuk penelitian selanjutnya dan dapat dijadikan referensi bagi perpustakaan fakultas kedokteran di seluruh Indonesia, terutama untuk Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

2.1.1 Pengertian ISPA

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) adalah masalah kesehatan yang cepat terjadi dan mempengaruhi bagian atas dan bawah pernapasan. Ini biasanya muncul secara tiba-tiba dan tidak berlangsung lebih dari dua minggu. Gejala awalnya adalah demam, diikuti dengan satu atau lebih tanda seperti sulit menelan, hidung tersumbat, batuk kering, atau dahak bernanah. ISPA dibagi menjadi dua kategori: ISPA atas dan ISPA bawah. Infeksi saluran pernapasan atas disebabkan oleh virus atau bakteri, termasuk penyakit seperti radang hidung, flu biasa, radang tenggorokan mendadak, pembengkakan uvula, radang hidung, serta sinusitis. Sementara itu, infeksi saluran pernapasan bawah yang akut biasanya berawal dari infeksi di saluran pernapasan atas yang kemudian terinfeksi bakteri lain; jenis ini mencakup bronkitis yang tiba-tiba, bronkitis jangka panjang, bronkiolitis, dan pneumonia akibat aspirasi.⁸ Mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi ini dimulai dari sistem imun yang ada secara alami yang berfungsi di saluran pernapasan atas.⁹ Jika sistem imun terganggu, maka peluang terjadinya infeksi menjadi lebih tinggi. Salah satu komponen yang memengaruhi efektivitas sistem kekebalan tubuh adalah lingkungan tempat tinggal atau bekerja. Gas paparan berbahaya dari kendaraan di jalan, seperti karbon monoksida, nitrogen dioksida, dan debu, dapat merusak sistem pernapasan, menyebabkan peradangan, serta melemahkan penyakit saluran pernapasan. Terpaparnya polusi udara secara terus-menerus dan tanpa perlindungan yang cukup dapat membuat fungsi paru-paru menurun dan membuat tubuh lebih mudah terkena infeksi pada saluran pernapasan atas.¹⁰

2.1.2 Etiologi ISPA

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) merupakan kondisi yang disebabkan oleh interaksi antara mikroorganisme patogen dan faktor lingkungan yang memperburuk fungsi saluran napas. Penyebab paling umum berasal dari virus, seperti influenza, adenovirus, dan rhinovirus, yang menyebar secara cepat

melalui udara atau melalui kontak langsung dengan individu yang terinfeksi.¹¹ Virus ini menyerang lapisan mukosa saluran napas atas dan bawah, menyebabkan peradangan dan gangguan fungsi pernapasan. Selain virus, bakteri seperti *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, dan *Mycoplasma pneumoniae* juga dapat menyebabkan ISPA umumnya dengan gejala yang lebih berat dan berisiko menimbulkan komplikasi seperti pneumonia.¹² Jamur juga merupakan penyebab ISPA yang kurang umum, tetapi dapat menyerang individu dengan sistem imun yang lemah.¹³

Selain faktor infeksius, polusi udara berperan penting sebagai pencetus non-infeksius dalam terjadinya ISPA. Polutan seperti partikel debu (PM₁₀ dan PM_{2.5}), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), dan ozon (O₃) dapat mengganggu sistem pernapasan dan mempercepat kerusakan jaringan lapisan luar. PM₁₀ mampu menembus hingga ke alveoli, memicu inflamasi lokal, stres oksidatif, dan disfungsi pertahanan mukosiliari. Gas polutan seperti NO₂ dan O₃ bersifat iritatif dan merusak epitel pernapasan, sementara CO mengganggu pengikatan oksigen oleh hemoglobin.¹⁴ Paparan jangka panjang terhadap polutan dapat melemahkan pertahanan saluran napas, sehingga mikroorganisme lebih mudah masuk dan berkembang.¹⁵ Secara keseluruhan, etiologi ISPA dipengaruhi oleh interaksi antara mikroorganisme penyebab dan kondisi lingkungan yang mendukung berkembangnya infeksi pada saluran pernapasan.

2.1.3 Faktor Resiko ISPA

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) adalah salah satu isu kesehatan yang dapat dipicu oleh berbagai faktor risiko, terutama di antara pekerja yang terpapar langsung dengan lingkungan terbuka seperti jalan raya. Pekerja seperti pembersih jalan, petugas pengatur lalu lintas, dan pengemudi ojek online memiliki risiko lebih besar terhadap paparan polusi udara yang merupakan salah satu penyebab utama ISPA.¹⁶

Lama atau periode kerja juga merupakan faktor yang meningkatkan risiko ISPA. Semakin lama individu berada di area yang terkontaminasi, semakin besar

kemungkinan terjadinya penumpukan partikel berbahaya pada sistem pernapasan. Studi di Kota Semarang menunjukkan bahwa durasi kerja berhubungan dengan penurunan fungsi paru-paru pada petugas penyapu jalan. Debu halus yang terhirup secara berulang dapat menyebabkan iritasi pada sistem pernapasan, bahkan memicu peradangan yang mempercepat munculnya ISPA.¹⁷

Ciri-ciri individu seperti usia, kebiasaan merokok, dan latar belakang penyakit pernapasan sebelumnya juga berpengaruh pada kerentanan terhadap ISPA. Pekerja yang lebih tua atau yang pernah menderita asma lebih rentan mengalami gejala ISPA ketika terpapar debu dan polusi.¹⁷ Selain itu, tindakan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti masker sangat penting dalam upaya pencegahan. Studi mengenai karyawan Dinas Perhubungan Jakarta Timur menunjukkan bahwa staf yang secara teratur memakai masker mengalami gejala ISPA yang lebih ringan dibandingkan mereka yang tidak menggunakannya.¹⁸

Tingkat aktivitas fisik di luar ruangan juga meningkatkan paparan karena frekuensi pernapasan yang lebih tinggi, sehingga lebih banyak zat pencemar masuk ke dalam paru-paru. Hal ini mempercepat dampak negatif dari pencemaran udara terhadap sistem pernapasan. Cuaca dan iklim, seperti musim kering dengan kadar debu yang tinggi, juga memperburuk kualitas udara dan meningkatkan risiko ISPA, khususnya untuk pekerja lapangan yang tidak memiliki perlindungan pernapasan yang cukup.

2.1.4 Patofisiologi ISPA

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) muncul saat agen infeksius seperti virus, bakteri, jamur atau partikel iritan menyerang saluran pernapasan atas dan bawah.¹⁹ Paparan polusi udara seperti PM_{2.5} mengganggu fungsi mekanisme pertahanan saluran pernapasan, khususnya silia dan mukosa.²⁰ Partikel PM_{2.5} yang terinhalasi dapat mencapai alveoli dan menyebabkan reaksi peradangan lokal yang melibatkan neutrofil dan makrofag.²¹ Sel-sel imun tersebut akan mengeluarkan mediator inflamasi seperti sitokin, yang dapat menyebabkan gejala batuk, demam, dan kesulitan bernapas.²⁰

Stres oksidatif yang diakibatkan oleh paparan polutan memperburuk inflamasi dan mempercepat kerusakan jaringan paru-paru.²¹ Gangguan aktivitas silia mengakibatkan pengeluaran mukus menjadi tidak efisien, sehingga mikroorganisme dapat berkembang dengan lebih mudah. Situasi ini membuat infeksi menyebar lebih cepat dan memperparah gejala ISPA.²⁰

Pekerja di jalan, seperti penyapu jalan dan pengemudi, sangat terpapar polusi karena selalu berada di luar tanpa perlindungan yang memadai. Gejala ISPA akan semakin parah jika tidak dilakukan pencegahan atau penggunaan alat pelindung diri. Secara keseluruhan, patofisiologi ISPA melibatkan gangguan pada struktur saluran pernapasan, reaksi imun yang tidak normal, dan dampak dari iritan lingkungan.²¹

2.1.5 Klasifikasi ISPA

Klasifikasi gejala ISPA pada orang dewasa dibedakan menjadi 3 yaitu :

- a. Infeksi ringan pada saluran pernapasan ditandai dengan batuk kering atau batuk berdahak, hidung berair , nyeri tenggorokan , demam ringan yang tidak melebihi 38°C, dan tidak ada tanda-tanda masalah pernapasan.
- b. Pada derajat sedang, gejala yang muncul mencakup demam $\geq 38^{\circ}\text{C}$, batuk yang menetap, nyeri dada saat batuk atau bernapas, suara serak, serta napas cepat lebih dari 20 kali per menit.
- c. ISPA berat menunjukkan gejala yang lebih serius seperti sesak napas hebat, napas cuping hidung, retraksi otot bantu napas, cyanosis (kebiruan), serta saturasi oksigen di bawah 94%. Pasien dengan ISPA berat juga dapat mengalami kebingungan, penurunan kesadaran, batuk berdarah, dan penurunan tekanan darah.^{22,23}

2.1.6 Tanda dan Gejala Klinis ISPA

Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada orang dewasa memiliki gejala klinis yang bervariasi dan dapat dikenali dari awal masa infeksi. Pada fase awal, penderita umumnya mengalami batuk, baik kering maupun berdahak, yang muncul sejak hari pertama hingga hari ketiga. Batuk yang menetap bahkan bisa berlangsung hingga dua minggu, meskipun gejala lain telah membaik. Selain itu,

demam ringan hingga sedang sering kali menyertai dan berlangsung selama 3 sampai 5 hari. Gejala seperti pilek dan hidung tersumbat mulai terasa sejak hari kedua dan dapat berlanjut hingga seminggu. Tenggorokan terasa nyeri atau tidak nyaman saat menelan juga merupakan keluhan yang umum pada hari-hari awal infeksi.

Penderita juga sering mengeluhkan suara serak, nyeri kepala, dan tubuh terasa lemas terutama pada hari kedua hingga keempat. Pada kasus yang lebih berat, napas mulai terasa cepat atau sesak sejak hari ketiga hingga kelima. Terkadang, penderita juga mengalami gejala sistemik seperti nyeri otot dan kelelahan yang bisa bertahan selama 5 sampai 7 hari. Pada sebagian kasus, sesak napas berat, penurunan saturasi oksigen, hingga warna kebiruan pada bibir atau jari mulai tampak setelah hari kelima, menandakan kondisi yang lebih serius. Jika gejala berlangsung lebih dari 7 sampai 10 hari atau justru memburuk, pasien perlu segera mendapatkan pemeriksaan lanjutan untuk mencegah komplikasi.²⁴⁻²⁶

2.2 Polusi Udara

2.2.1 Definisi Polusi Udara

Polusi udara adalah polusi udara oleh bahan-bahan asing seperti partikel debu (PM_{2.5}), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan bahan berbahaya lainnya. Penyebab utama polusi ini adalah aktivitas manusia, seperti lalu lintas kendaraan, pembakaran bahan bakar fosil, dan kegiatan industri. Kehadiran zat pencemar ini dapat menurunkan kualitas udara dan berdampak langsung pada kesehatan pernapasan. Kualitas udara yang buruk sering ditemukan di tempat-tempat dengan banyak kendaraan karena emisi yang dihasilkan. Salah satu cara untuk menilai seberapa besar polusi udara adalah dengan mengukur kandungan PM_{2.5}. Jika kadar polutan melebihi angka yang diperbolehkan, risiko munculnya masalah kesehatan seperti batuk, kesulitan bernapas, dan infeksi saluran pernapasan bisa meningkat. Oleh karena itu, pengendalian sumber emisi menjadi langkah penting dalam menjaga kualitas udara yang sehat.²⁷⁻²⁹

2.2.2 Kandungan Zat Pada Polusi Udara

1. $PM_{2.5}$, merupakan partikel udara berukuran ≤ 2.5 mikrometer yang bersifat halus dan dapat masuk hingga alveoli paru-paru sehingga berbahaya bagi kesehatan. Kadar $PM_{2.5}$ dikategorikan baik jika $\leq 15 \mu g/m^3$, sedang $16-40 \mu g/m^3$, tidak sehat $41-65 \mu g/m^3$, dan sangat tidak sehat jika $> 65 \mu g/m^3$. Partikel ini berasal dari emisi kendaraan bermotor, asap industri, pembakaran sampah, dan debu halus di jalan raya.³⁰ Efek kesehatannya meliputi gangguan pernapasan, peningkatan risiko penyakit paru kronis, jantung, dan kematian dini. Komponen utama $PM_{2.5}$ termasuk karbon hitam, logam berat, dan senyawa organik. Emisinya dominan berasal dari sumber bergerak seperti kendaraan diesel dan sumber tidak bergerak seperti cerobong pabrik.³¹ Pekerja industri fiber-cement dengan durasi kerja panjang (long work period) menunjukkan korelasi signifikan dengan gangguan fungsi paru akibat paparan $PM_{2.5}$. Konsentrasi $PM_{2.5}$ di lingkungan kerja tersebut bahkan melebihi ambang batas WHO dan US-EPA. Temuan ini menegaskan bahwa paparan lebih dari 6 jam per hari meningkatkan risiko akumulasi dosis inhalasi, yang berdampak pada penurunan fungsi paru dan gangguan respirasi.³² Dampaknya juga mencakup penurunan visibilitas udara dan gangguan terhadap tanaman serta ekosistem. $PM_{2.5}$ menjadi indikator penting dalam pemantauan kualitas udara perkotaan.³³
2. PM_{10} adalah partikel udara berukuran ≤ 10 mikrometer yang dapat terhirup dan mengiritasi saluran pernapasan atas seperti hidung dan tenggorokan. Kadar PM_{10} dikategorikan baik jika $\leq 50 \mu g/m^3$, sedang $51-150 \mu g/m^3$, tidak sehat $151-250 \mu g/m^3$, dan sangat tidak sehat jika $> 250 \mu g/m^3$. Sumber utama PM_{10} adalah debu jalanan, aktivitas konstruksi, pembakaran bahan bakar fosil, serta emisi dari kendaraan bermotor.³⁰ Komponen PM_{10} meliputi silika, debu mineral, logam berat, dan karbon. Efek kesehatannya termasuk batuk, iritasi mata dan tenggorokan, serta memperparah asma dan bronkitis. Emisi PM_{10} umumnya berasal dari sumber bergerak seperti kendaraan dan sumber tak bergerak seperti industri dan area

Pembangunan.³¹ Konsentrasi tinggi PM_{10} biasanya ditemukan di wilayah padat aktivitas manusia dan lalu lintas³³

3. Karbon monoksida (CO) adalah gas tak berwarna dan tak berbau yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil. Kadar CO dikategorikan baik jika ≤ 4.4 ppm, sedang 4.5–9 ppm, tidak sehat 9.1–15 ppm, dan sangat tidak sehat >15 ppm. Emisi CO terutama berasal dari kendaraan bermotor, kompor rumah tangga, dan proses industri. Paparan CO mengganggu pengikatan oksigen dalam darah, menyebabkan pusing, sesak napas, dan berisiko fatal pada konsentrasi tinggi. Dampaknya sangat berbahaya terutama di area tertutup dan bagi penderita penyakit jantung.³³
4. Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas rumah kaca yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap polusi udara dengan memperburuk kualitas udara dan mempercepat perubahan iklim. Kadar CO_2 dikategorikan rendah (<600 ppm), sedang (600–1.000 ppm), dan tinggi (>1.000 ppm), umumnya berasal dari kendaraan bermotor, industri, dan pembakaran bahan bakar fosil. Paparan CO_2 tinggi memperburuk gejala gangguan pernapasan, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Hal ini dapat meningkatkan kejadian ISPA akibat sistem pernapasan yang lebih mudah teriritasi oleh penurunan kualitas udara.³⁴

2.2.3 Patofisiologi Masuknya Zat Dari Polusi Udara

Udara yang mengandung debu dapat menimbulkan berbagai masalah bagi kesehatan, terutama untuk pernapasan. Partikel yang berukuran antara 8 hingga 25 mikrometer biasanya terperangkap di bagian atas saluran pernapasan, seperti hidung dan tenggorokan. Sementara itu, partikel yang berukuran antara 2 hingga 8 mikrometer cenderung menetap di saluran pernapasan tengah, yaitu bronkus. Partikel yang lebih kecil, berukuran antara 0,5 hingga 2 mikrometer, dapat sampai ke alveoli, yang dapat mengganggu pertukaran gas. Partikel dengan ukuran kurang dari 0,5 mikrometer, di sisi lain, bisa melewati seluruh sistem pernapasan dan dikeluarkan saat bernapas, namun tetap membawa risiko bagi kesehatan karena bisa masuk ke dalam darah.³⁵

Paparan zat pencemar udara seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), $\text{PM}_{2.5}$, dan karbon monoksida (CO) bisa masuk ke dalam tubuh manusia terutama melalui pernapasan. Gas-gas ini akan masuk ke saluran pernapasan dan menyebabkan iritasi pada mukosa serta inflamasi di saluran napas, memicu gangguan sistem pernapasan. Partikulat halus seperti $\text{PM}_{2.5}$ memiliki kemampuan untuk menembus jauh hingga ke alveoli paru, tempat pertukaran gas berlangsung, sehingga dapat memicu stres oksidatif dan peradangan jaringan paru. Karbon monoksida, di sisi lain, bersifat toksik karena berikatan kuat dengan hemoglobin dalam darah membentuk karboksihemoglobin, yang menurunkan kapasitas darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan tubuh dan menyebabkan hipoksia.

2.2.4 Dampak Dari Polusi Udara

Paparan polusi udara dari jalan raya menjadi salah satu ancaman serius, kondisi cuaca yang panas dan tingkat kelembaban yang tinggi juga dapat memperparah dampak buruk dari pencemar udara terhadap kesehatan fisik. Dalam konteks ini, pekerja dengan lama waktu bekerja tanpa perlindungan memadai berpotensi mengalami penurunan fungsi paru, iritasi organ tubuh, serta gangguan kesehatan lainnya. Hal ini juga diperkuat oleh temuan bahwa konsentrasi polutan seperti $\text{PM}_{2.5}$ dan karbon monoksida di area padat lalu lintas melebihi ambang batas aman menurut standar kualitas udara nasional.

Dampak polusi udara jalan raya antara lain:

- Menurunnya fungsi paru akibat akumulasi Partikel debu kecil ($\text{PM}_{2.5}$) yang masuk ke dalam saluran napas dan alveoli paru.
- Iritasi mata dan tenggorokan yang disebabkan oleh paparan NO_2 dan partikel debu, terutama pada kondisi kerja di bawah sinar matahari langsung dan kelembaban tinggi.
- Risiko jangka panjang seperti bronkitis kronik, asma, dan potensi gangguan kardiovaskular karena paparan rutin terhadap karbon monoksida (CO) dan zat pencemar lainnya.
- Penurunan daya tahan tubuh akibat stres oksidatif dari partikel beracun yang terus terhirup dalam durasi kerja yang lama.^{36,37}

Dalam penelitian ini digunakan Alat *Air Quality* untuk memeriksa kebersihan udara di tempat tertentu. Perangkat ini mampu menemukan partikel debu kecil (seperti PM_{2.5}) dan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) secara real-time. Pendekatan ini memungkinkan pemantauan kualitas udara yang terjangkau, portabel, dan fleksibel untuk keperluan penelitian di lapangan. Pemerintah menetapkan baku mutu udara yang tercantum dalam Lampiran VII Peraturan dari pemerintah menentukan batasan dasar yang harus diikuti oleh masyarakat dan sektor industri. Tujuan dari hal ini adalah untuk menghindari efek buruk terhadap kesehatan masyarakat dan menjaga kelestarian alam. Aturan ini ditetapkan dalam Peraturan Nomor 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang secara rinci mengatur berbagai hal yang berkaitan dengan kualitas udara dan perlindungan lingkungan.³⁸

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 Jam	150 µg/m ³
	24 Jam	75 µg/m ³
	1 Tahun	45 µg/m ³
Karbon Monoksida (CO)	1 Jam	10.000 µg/m ³
	8 Jam	4000 µg/m ³
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 Jam	200 µg/m ³
	24 Jam	65 µg/m ³
	1 Tahun	50 µg/m ³
Ozon (O ₃)	1 Jam	150 µg/m ³
	8 Jam	100 µg/m ³
	1 Tahun	35 µg/m ³
Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 Jam	160 µg/m ³
Partikulat debu < 100 µm (TSP)	24 Jam	230 µg/m ³
Partikulat debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 Jam	75 µg/m ³
	1 Tahun	40 µg/m ³
Partikulat debu < 2,5 µm (PM _{2.5})	24 Jam	55 µg/m ³
	1 Tahun	15 µg/m ³
Timbal (Pb)	24 Jam	2 µg/m ³

Sumber: PP 22/21 Lampiran VII.

2.2.5 Parameter Kualitas Udara

1. Baik (ISPU 0–50)

Pada kategori ini, kualitas udara tergolong aman dan tidak menimbulkan risiko kesehatan. Pengemudi ojek online yang terpapar udara jalan raya pada kondisi ini memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mengalami ISPA akibat pencemaran udara. Lingkungan kerja masih mendukung kesehatan pernapasan secara umum.

2. Sedang (ISPU 51–100)

Meskipun masih dianggap dalam batas aman, udara dengan kategori ini dapat mulai memengaruhi individu yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap polusi. Pengemudi ojek online yang berada di jalanan dalam waktu lama mungkin mulai merasakan gejala ringan, seperti batuk atau iritasi tenggorokan, akibat paparan gas buang kendaraan bermotor.

3. Tidak Sehat (ISPU 101–199)

Kualitas udara dalam kategori ini menimbulkan dampak nyata terhadap kesehatan, terutama pada kelompok rentan dan individu dengan paparan terus-menerus seperti pengemudi ojek online. ISPA dapat mulai berkembang seiring akumulasi polutan seperti gas karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel debu kecil (PM_{2.5}) di tempat kerja.

4. Sangat Tidak Sehat (ISPU 200–299)

Udara pada tingkat ini membawa risiko tinggi bagi kesehatan masyarakat secara umum. Pengemudi ojek online, sebagai kelompok dengan paparan langsung dan berkepanjangan terhadap emisi kendaraan, sangat rentan terhadap gangguan pernapasan serius, termasuk ISPA yang berulang atau memburuk.

5. Berbahaya (ISPU 300–500)

Kategori ini menunjukkan udara dalam kondisi sangat tercemar dan berbahaya bagi semua kalangan. Dalam kondisi ini, pengemudi ojek online berisiko mengalami ISPA akut dan komplikasi kesehatan lainnya meskipun terpapar dalam waktu singkat. Intervensi lingkungan dan perlindungan pekerja sangat diperlukan untuk mencegah dampak fatal.³⁹

2.3 HTI HT-9600

2.3.1 Definisi Alat

HT-9600 merupakan alat pengukur partikulat udara portabel yang diproduksi oleh Shenzhen Huato Electric Co., Ltd (China). Alat ini dirancang untuk memantau konsentrasi partikel debu udara berukuran $\leq 2,5$ mikrometer ($PM_{2.5}$) dan ≤ 10 mikrometer (PM_{10}) menggunakan teknologi laser scattering. Prinsip kerja alat ini didasarkan pada deteksi hamburan cahaya laser ketika melewati partikel di udara, sehingga memungkinkan estimasi konsentrasi partikel secara real-time. Partikulat halus seperti $PM_{2.5}$ diketahui dapat masuk hingga ke alveolus paru, dan paparan jangka panjangnya berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit saluran napas, gangguan kardiovaskular, serta morbiditas akibat polusi udara.

Validitas HT-9600 sebagai alat lapangan telah diuji dalam studi yang membandingkan sensor optik portabel dengan instrumen referensi berbasis Federal Equivalent Method (FEM). Hasilnya menunjukkan bahwa alat dengan teknologi serupa memiliki korelasi yang baik ($R^2 > 0,85$) pada kisaran konsentrasi sedang hingga tinggi.⁴⁰

Pemilihan HT-9600 dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam memberikan data yang representatif terhadap konsentrasi partikulat udara secara cepat dan praktis di lapangan. Dengan teknologi laser particle counter yang telah teruji serta fitur pencatatan otomatis, alat ini dianggap memadai untuk mendukung penelitian terkait hubungan paparan polusi udara dengan gangguan kesehatan pernapasan, khususnya ISPA pada populasi berisiko.



Gambar 2.1 Alat HTI HT-9600

2.3.2 Prinsip Kerja

Alat HTI HT-9600 beroperasi menggunakan prinsip optical particle counter (OPC) dengan teknologi laser scattering. Dalam mekanisme ini, udara dialirkan melewati ruang deteksi tempat sinar laser dipancarkan. Partikel yang terbawa udara akan menghamburkan sebagian cahaya tersebut (light scattering), dan hamburan ini kemudian ditangkap oleh detektor optik. Sinyal optik yang diterima diubah menjadi sinyal listrik, kemudian diolah oleh sistem elektronik internal menjadi data numerik yang menunjukkan jumlah serta konsentrasi partikel berdasarkan ukuran tertentu. Metode ini memungkinkan alat mendeteksi partikel dengan diameter spesifik seperti PM_{10} dan $PM_{2.5}$ secara real time. Meskipun akurasi alat tergantung pada faktor lingkungan seperti kelembapan dan suhu, sistem OPC pada HTI HT-9600 telah dirancang untuk memberikan hasil yang stabil dalam pengukuran lapangan. Karena sifatnya portabel dan berbiaya rendah, alat ini banyak dimanfaatkan dalam penelitian kualitas udara ambien sebagai alternatif dari alat referensi berstandar tinggi. Prinsip kerja ini serupa dengan instrumen referensi, meskipun dengan tingkat presisi dan akurasi yang relatif lebih rendah, tetapi tetap cukup memadai untuk penelitian lapangan yang bersifat eksploratif maupun komparatif.⁴¹

2.3.3 Spesifikasi Teknis

Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis HTI HT-9600

Spesifikasi	Keterangan
-------------	------------

Prinsip kerja	<i>Optical Particle Counter</i> berbasis <i>laser scattering</i>
Parameter yang diukur	PM ₁₀ , PM _{2.5} , jumlah partikel udara (0,3–25 µm)
Rentang ukuran partikel	0,3 µm – 25 µm
Keluaran data	Jumlah partikel per m ³ dan per ft ³
Resolusi waktu	Interval pengukuran ± 1 menit
Kisaran suhu operasi	0 – 50 °C
Kelembapan operasi	0 – 90 % RH
Rentang pengukuran partikel	Hingga ± 10 ⁶ partikel per ft ³
Korelasi dengan alat referensi	R ² > 0,85 pada konsentrasi sedang–tinggi
Fitur tambahan	Tampilan digital, portabel, data logging, baterai rechargeable
Produsen	Shenzhen Huato Electric Co., Ltd (China)
Negara asal	Tiongkok
Berat alat	± 0,6 kg

Sumber: Margana & Nisa (2023); HTI Instruments (2024); Li dkk. (2022); Wang dkk. (2021).

2.3.4 Alat Sejenis

Dalam penelitian yang berfokus pada pemantauan kualitas udara ambien, terdapat beberapa instrumen portabel lain yang memiliki prinsip kerja serupa dengan HTI HT-9600, yaitu menggunakan sistem optical particle counter berbasis laser scattering. Salah satu alat yang sering digunakan adalah Plantower PMS7003, yaitu sensor mikro yang juga menggunakan prinsip hamburan cahaya untuk menghitung jumlah partikel udara dalam kisaran ukuran 0,3–10 μm . Namun, Plantower PMS7003 memiliki akurasi terbatas pada konsentrasi partikulat rendah dan sensitif terhadap kelembapan serta suhu ekstrem. Hasil pengukuran sering menunjukkan deviasi $\pm 15\text{--}25\%$ dari alat referensi dan memerlukan kalibrasi rutin agar data tetap konsisten.⁴²

Selain itu, AirVisual Pro sering digunakan dalam pemantauan kualitas udara skala komunitas karena mudah dioperasikan dan mampu menampilkan estimasi konsentrasi PM_{10} secara langsung. Meskipun demikian, hasil pengukuran alat ini masih menunjukkan tingkat variasi yang cukup tinggi ($R^2 < 0,8$) bila dibandingkan dengan instrumen referensi berstandar *Federal Equivalent Method* (FEM), sehingga diperlukan proses kalibrasi tambahan agar data yang diperoleh lebih akurat dan dapat diandalkan.⁴³

Berbeda dengan itu, HTI HT-9600 memiliki kestabilan hasil pengukuran yang lebih baik, terutama pada rentang konsentrasi sedang hingga tinggi, dengan korelasi yang kuat terhadap alat referensi ($R^2 > 0,85$). Alat ini juga mampu mendeteksi partikel hingga ukuran 25 μm , dilengkapi fitur *data logging*, dan memiliki desain yang portabel sehingga praktis digunakan untuk pemantauan udara di lapangan. Dengan karakteristik tersebut, HTI HT-9600 dinilai lebih representatif dan reliabel untuk penelitian yang memerlukan pengukuran partikulat udara secara cepat, efisien, dan sesuai dengan kondisi lingkungan ambien.

2.3.5 Hasil Evaluasi dan Validitas Alat

Alat HTI HT-9600 menunjukkan validitas yang baik dalam pengukuran partikulat udara dengan nilai korelasi terhadap instrumen referensi sebesar $R^2 = 0,85\text{--}0,90$ pada konsentrasi sedang hingga tinggi. Tingkat akurasinya berada pada

kisaran $\pm 50\text{--}68\%$, dengan kecenderungan sedikit *under-report* pada konsentrasi rendah ($<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Uji lapangan juga menunjukkan alat ini mampu mendeteksi partikel berukuran $0,3\text{--}25 \mu\text{m}$ secara stabil dan konsisten, sehingga dinilai valid dan reliabel untuk penelitian pemantauan udara ambien.⁴¹

2.4 Kuesioner BARSHSS-CV

2.4.1 Definisi Kuesioner

Kuesioner merupakan instrumen penelitian berupa daftar pertanyaan tertulis yang disusun secara sistematis untuk mengukur suatu variabel tertentu. Melalui kuesioner, peneliti dapat memperoleh data subjektif dari responden mengenai kondisi, persepsi, maupun pengalaman yang berkaitan dengan topik penelitian.

Salah satu kuesioner yang digunakan dalam bidang kesehatan pernapasan adalah Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version (BARSHSS-CV). Instrumen ini dirancang khusus untuk menilai status kesehatan sistem pernapasan pada orang dewasa di tingkat komunitas secara singkat, praktis, dan ekonomis.⁴⁴

2.4.2 Instrumen Kuesioner

BARSHSS-CV dikembangkan oleh Hongzhe Dou dan rekan-rekan pada tahun 2018 dan dipublikasikan dalam jurnal *BMC Health Services Research*. Instrumen ini lahir dari kebutuhan akan alat ukur sederhana yang mampu mengevaluasi kesehatan pernapasan masyarakat tanpa harus menggunakan pemeriksaan laboratorium atau radiologi yang mahal, invasif, dan sulit diterapkan di komunitas. Instrumen awal terdiri dari 40 item yang kemudian direduksi melalui uji validitas isi oleh para ahli hingga menjadi 20 item akhir dengan struktur faktor yang lebih ringkas dan mudah digunakan.

Kuesioner BARSHSS-CV versi final terdiri dari 20 item pertanyaan yang terbagi ke dalam 3 dimensi utama, yaitu:

Tabel 2.3 Dimensi Kuesioner

Dimensi	Jumlah Item	Contoh Pernyataan
Gejala pernapasan ringan (Mild respiratory symptoms)	4 item	“Saya sering batuk”, “Saya sering merasa sesak di dada”
Gejala pernapasan berat (Severe respiratory symptoms)	9 item	“Saya sering sulit bernapas setelah aktivitas ringan”, “Saya sering harus berobat ke rumah sakit karena gangguan pernapasan”
Faktor predisposisi/susceptibility factor	7 item	“Saya sering merokok”, “Lingkungan kerja saya banyak debu atau gas berbahaya”

Setiap item pada BARSHSS-CV dinilai dengan menggunakan skala Likert 5 poin, yaitu:

- 1 = Tidak setuju
- 2 = Setuju sedikit
- 3 = Cukup setuju
- 4 = Hampir seluruhnya setuju
- 5 = Sangat setuju

Skor total diperoleh dari penjumlahan seluruh item. Interpretasi hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi skor total, mengindikasikan adanya masalah atau gejala gangguan pernapasan yang buruk. Sebaliknya, skor yang rendah mengindikasikan semakin baik status kesehatan sistem pernapasan responden.⁴⁴

2.4.3 Status Validitas

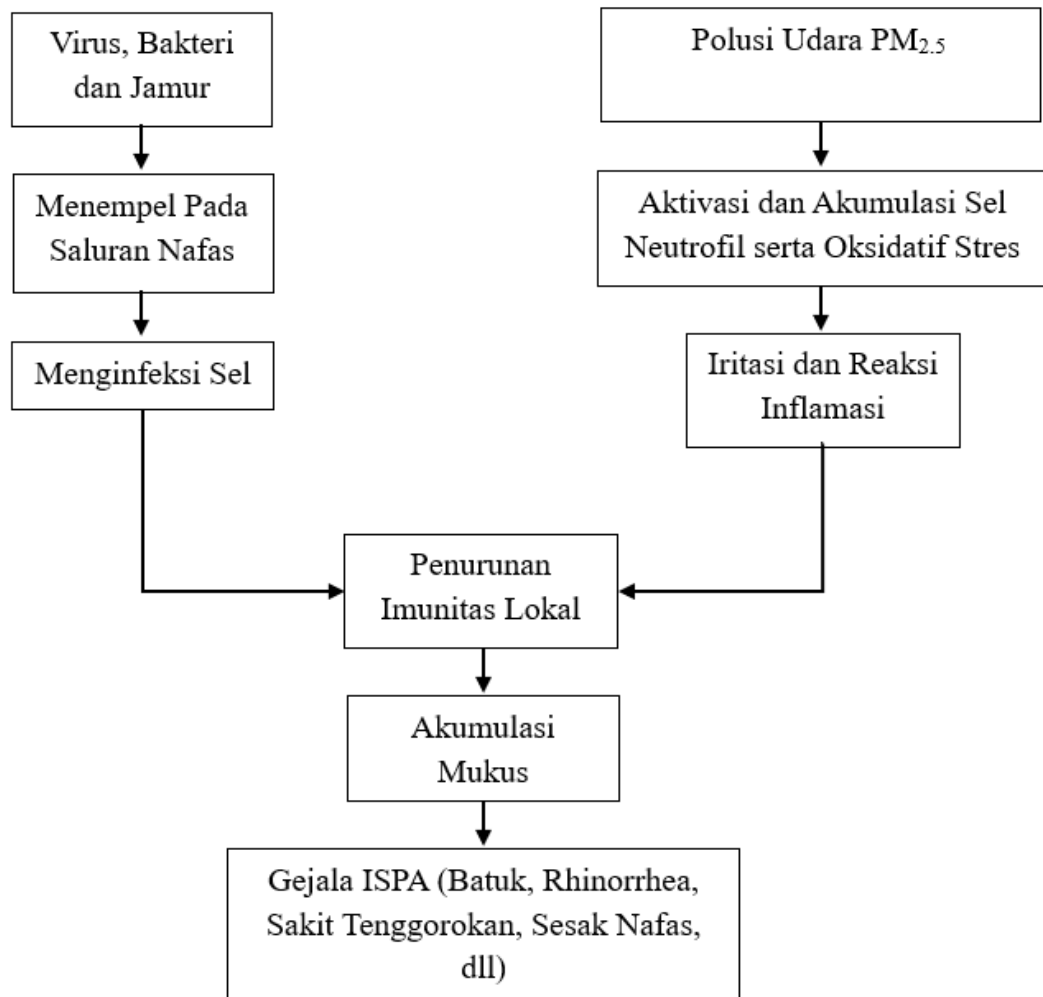
Kuesioner Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version (BARSHSS-CV) dikembangkan sebagai instrumen singkat, cepat, dan efektif untuk menilai status kesehatan sistem pernapasan pada populasi dewasa di komunitas. Instrumen ini didasarkan pada teori patofisiologi pernapasan serta data empiris mengenai gejala, penyakit umum, dan riwayat pengobatan.

Validitas isi (content validity) BARSHSS-CV diuji menggunakan Content Validity Index (CVI) dengan hasil 0,933, menunjukkan bahwa item-item dalam kuesioner mewakili aspek penting dari kesehatan sistem pernapasan. Analisis faktor eksploratori (EFA) menghasilkan cumulative contribution rate sebesar 67,168%, mendukung struktur tiga dimensi yang meliputi: (1) penyakit umum, (2) gejala pernapasan, dan (3) pengobatan/pemulihan.

Validitas konstruk selanjutnya diperkuat melalui analisis faktor konfirmatori (CFA), dengan hasil indeks kesesuaian model: $\chi^2/df = 2,746$; RMSEA = 0,065; GFI = 0,902; IFI = 0,955; CFI = 0,955; NFI = 0,931; dan TLI = 0,947. Semua nilai ini menunjukkan kesesuaian model dengan data empiris. Reliabilitas internal kuesioner juga sangat baik dengan nilai Cronbach's $\alpha = 0,951$, serta reliabilitas uji ulang (test-retest) 0,963. Temuan ini menegaskan bahwa BARSHSS-CV merupakan instrumen yang valid dan reliabel untuk menilai kesehatan sistem pernapasan dalam penelitian komunitas.⁴⁴

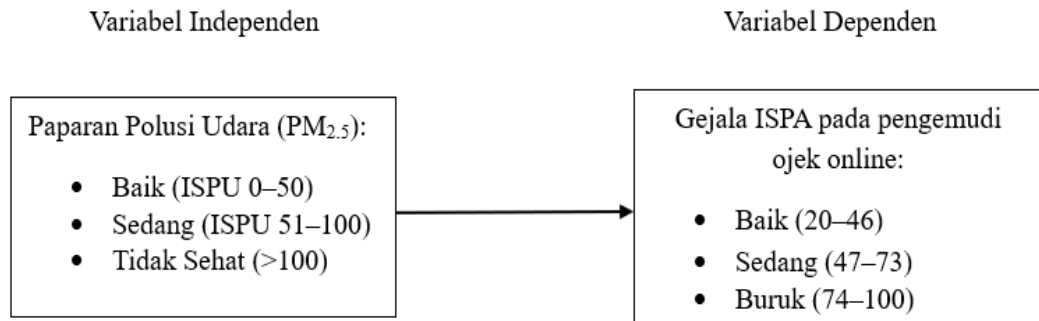
BARSHSS-CV merupakan instrumen yang dikembangkan dan digunakan secara internasional. Hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang melaporkan validasi BARSHSS-CV pada populasi Indonesia. Mengingat adanya perbedaan konteks budaya dan karakteristik responden, penggunaan instrumen internasional pada populasi lokal memerlukan penyesuaian agar tetap sesuai dengan konteks penelitian. Oleh karena itu, BARSHSS-CV digunakan dalam penelitian ini setelah melalui proses adaptasi lintas budaya. Sebelum digunakan dalam penelitian utama, instrumen BARSHSS-CV terlebih dahulu diuji melalui *pilot test* pada responden dengan karakteristik yang serupa dengan populasi penelitian. Selanjutnya, instrumen BARSHSS-CV akan dilakukan uji validitas dan reliabilitas pada populasi Indonesia sebagai bagian dari proses pengujian instrumen dalam penelitian ini. Berdasarkan rangkaian pengujian tersebut, instrumen dinilai layak digunakan untuk memperoleh data yang valid dan reliabel.

2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

2.6 Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

2.7 Hipotesis

2.7.1 Hipotesis nol (H0)

Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang

2.7.2 Hipotesis alternatif (H1)

Terdapat hubungan yang signifikan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Skala Ukur	Hasil Ukur
Polusi Udara	Tingkat pencemaran udara di sekitar lokasi kerja pengemudi ojek online, diukur berdasarkan konsentrasi PM2.5 dan dikonversi ke kategori ISPU.	Mengukur kadar polutan udara (PM2.5 dan lainnya) di titik lokasi pengemudi, kemudian dikonversi ke kategori ISPU	HTI HT-9600	Ordinal	Baik (ISPU 0–50) Sedang (ISPU 51–100) Tidak Sehat (>100)
Gejala ISPA	Tingkat keparahan gejala ISPA yang dialami pengemudi ojek online akibat polusi udara, diukur dengan kuesioner BARSHSS-CV	Memberikan daftar pertanyaan mengenai gejala ISPA	Kuesioner BARSH SS-CV	Ordinal	Baik (20–46) Sedang (47–73) Buruk (74–100)

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif non-eksperimental dengan pendekatan observasional analitik dan desain *cross sectional*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Pendekatan *cross sectional* dipilih karena memungkinkan pengumpulan data independen dan dependen pada waktu yang bersamaan, serta efisien dari segi waktu, biaya, dan sumber daya.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

3.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2025-Desember 2025 dengan rincian kegiatan serta waktu seperti tabel dibawah.

Kegiatan	Jun i	Juli	Agustu s	September	Oktober	Novem ber	Desembe r
Pembuatan proposai							
Seminar proposai							
Pengumpul an data							
Pengolaha n data							
Penulisan laporan hasil							
Revisi dan penyusuna n akhir							

3.3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa titik kumpul pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang yang dipilih secara purposive karena berada di jalur padat lalu lintas dan berpotensi memiliki tingkat polusi udara tinggi.

3.4 Populasi dan Sampel

3.4.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pengemudi ojek online yang beroperasi di wilayah Kabupaten Deli Serdang, khususnya yang bekerja di sekitar jalan raya utama yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas tinggi. Populasi ini dipilih karena kelompok ini memiliki risiko tinggi terpapar polusi udara dari kendaraan secara langsung dan terus-menerus selama menjalankan aktivitasnya.

3.4.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah pengemudi ojek online yang beroperasi di wilayah Kabupaten Deli Serdang. Sampel yang dipilih yaitu yang memenuhi kriteria inklusi. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling* yaitu Teknik yang dilakukan dengan cara memilih sampel berdasarkan kriteria yang ditentukan peneliti.

a. Kriteria Inklusi

- Pengemudi ojek online yang aktif bekerja di wilayah Kabupaten Deli Serdang.
- Telah bekerja minimal selama 1 tahun sebagai pengemudi ojek online.
- Memiliki waktu kerja di luar ruangan minimal 6 jam per hari.
- Bersedia menjadi responden dan menandatangani lembar persetujuan (informed consent).
- Memiliki kemampuan membaca dan memahami isi kuesioner.
- Tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan.
- Tidak menggunakan alat pelindung diri (Masker bedah, N95, KN95 dan KF94).

b. Kriteria Eksklusi

- Sedang mengonsumsi obat yang memengaruhi sistem pernapasan (Bronkodilator, Kortikosteroid, Metilxantin, Antagonis leukotriene, Obat kombinasi asma/PPOK)
- Sedang mengalami infeksi aktif lain (demam tinggi, flu berat, atau gejala COVID-19).

- Tidak bersedia mengikuti seluruh proses pengisian kuesioner atau pemeriksaan lapangan.

3.4.3 Besar Sampel

Besar sampel ditentukan menggunakan rumus *Lemeshow* yang sesuai digunakan pada studi dengan pendekatan *cross sectional* ketika proporsi populasi belum diketahui secara pasti. Rumus *Lemeshow* adalah sebagai berikut:⁴⁵

$$n = \frac{Z^2 \times P \times (1 - P)}{d^2}$$

Keterangan :

n = Jumlah sampel

Z = Tingkat kepercayaan 95% = 1,96

P = Proporsi populasi = 0,5

d = *Margin of error* = 10%

Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{Z^2 \times P \times (1 - P)}{d^2}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(0,1)^2}$$

$$n = \frac{3,8416 \times 0,25}{0,01}$$

$$n = 96,04$$

Dalam penelitian ini, besar sampel ditentukan menggunakan rumus Lemeshow dengan asumsi margin of error sebesar 10%. Pemilihan nilai ini didasarkan pada pertimbangan keterbatasan sumber daya, waktu pelaksanaan penelitian, serta kesulitan logistik dalam menjangkau pengemudi ojek online

secara luas di lapangan. Dengan demikian, jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 96 orang pengemudi ojek online yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

3.5 Instrumen Penelitian

3.5.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Alat Ukur Kualitas Udara HTI HT-9600

Instrumen yang digunakan adalah HTI HT-9600, perangkat portabel dengan sensor opto-elektronik berbasis laser diode yang mengukur konsentrasi partikel udara PM_{0.3}, PM_{2.5}, dan PM₁₀ secara real time melalui sistem pumping type. Penelitian ini fokus pada PM_{2.5}, karena partikel $\leq 2,5 \mu\text{m}$ dapat masuk saluran pernapasan bawah dan meningkatkan risiko ISPA.⁴⁶ Hasil pengukuran dikonversi menjadi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sesuai pedoman KLHK (2020) dan PP RI No. 22 Tahun 2021. Alat memberikan data indikatif dengan resolusi $\pm 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan rentang hingga $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2. Kuesioner Gejala ISPA

Instrumen penelitian yang digunakan merupakan hasil adaptasi dari Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version (BARSHSS-CV) yang dikembangkan tahun 2018. Instrumen ini disusun berdasarkan:

- Literatur medis terkait gejala dan faktor risiko penyakit pernapasan, termasuk pedoman WHO dan standar klinis di Tiongkok.
- Masukan pakar (dokter paru, perawat komunitas, dan akademisi) untuk menjamin relevansi isi.
- Uji psikometri, yaitu validitas isi (CVI = 0,933), validitas konstruk melalui analisis faktor, serta reliabilitas internal tinggi (Cronbach's $\alpha = 0,951$).

Instrumen ini dirancang untuk menilai status kesehatan sistem pernapasan pada orang dewasa di komunitas, terutama terkait gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan faktor risikonya yang terdiri dari 20 butir pernyataan tertutup, dengan rincian:

- Q1–Q13 menilai gejala pernapasan (gejala ringan dan berat), seperti batuk, sesak napas, nyeri dada, produksi dahak, dan gangguan tidur akibat gejala saluran napas.
- Q14–Q20 menilai faktor risiko, seperti kebiasaan merokok, paparan asap atau polusi, riwayat keluarga, serta alergi.

Kuesioner ini digunakan untuk mengidentifikasi adanya gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan faktor risikonya pada responden dalam kurun waktu dua minggu terakhir. Setiap item menggunakan skala Likert 5 poin, yaitu:

- 1 = Tidak setuju
- 2 = Setuju sebagian kecil
- 3 = Cukup setuju
- 4 = Setuju sebagian besar
- 5 = Sangat setuju

Dengan demikian, semakin tinggi skor total menunjukkan status kesehatan pernapasan yang semakin buruk, sedangkan skor rendah menunjukkan kondisi kesehatan yang baik. Total skor diperoleh dari penjumlahan seluruh item, dengan rentang nilai 20–100. Untuk memudahkan interpretasi, skor dikategorikan sebagai berikut:

- 20–46 = Baik (sehat, gejala minimal)
- 47–73 = Sedang
- 74–100 = Buruk (gejala lebih buruk)

Interpretasi kategori:

- Responden dengan skor 20–46 menunjukkan kondisi kesehatan respirasi yang baik, dengan gejala ISPA minimal atau tanpa gejala yang berarti.
- Responden dengan skor 47–73 menunjukkan kondisi kesehatan respirasi sedang, dengan beberapa gejala ISPA yang cukup mengganggu aktivitas.

- Responden dengan skor 74–100 menunjukkan kondisi kesehatan respirasi yang buruk, dengan gejala ISPA yang buruk dan berpotensi membutuhkan perhatian medis.⁴⁴

3. Formulir Informed Consent dan Identitas Responden

Formulir informed consent digunakan untuk memperoleh persetujuan tertulis dari responden sebelum mengikuti penelitian. Formulir ini memuat penjelasan mengenai tujuan, manfaat, prosedur, hak partisipan, dan jaminan kerahasiaan data. Selain itu, lembar identitas responden digunakan untuk mencatat informasi dasar seperti inisial nama, usia, jenis kelamin, dan lama bekerja. Data ini digunakan hanya untuk keperluan analisis dan dijaga kerahasiaannya.

4. Perangkat Pengolahan Data (Laptop + Microsoft Excel/SPSS)

Digunakan untuk melakukan pengolahan dan analisis data yang telah dikumpulkan di lapangan.

3.5.2 Uji Validitas Instrumen

Uji validitas instrumen pada penelitian ini dilakukan sebagai bentuk validasi internal instrumen pada populasi penelitian, bukan sebagai validasi nasional instrumen. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa kuesioner BARSHSS-CV yang telah diadaptasi dapat digunakan secara layak, konsisten, dan relevan pada responden pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Uji validitas dilakukan terhadap kuesioner gejala ISPA menggunakan uji korelasi Spearman Rank pada 96 responden dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Nilai r tabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,2006. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh item pertanyaan kuesioner BARSHSS-CV yang terdiri dari 20 item dan memiliki nilai r hitung berkisar antara 0,364 hingga 0,920, yang seluruhnya lebih besar dari nilai r tabel serta memiliki nilai signifikansi (Sig.) $< 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh item pertanyaan pada kuesioner BARSHSS-CV dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai instrumen untuk mengukur gejala ISPA pada responden penelitian ini.

3.5.3 Uji Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas instrumen dilakukan terhadap kuesioner ISPA menggunakan metode Cronbach's Alpha. Hasil analisis menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,936. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan batas minimal reliabilitas yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 0,60, sehingga menunjukkan tingkat reliabilitas yang tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kuesioner BARSHSS-CV dinyatakan reliabel dan dapat digunakan sebagai instrumen penelitian dalam mengukur gejala ISPA pada pengemudi ojek online.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

3.6.1 Pengukuran Kualitas Udara

Pengukuran kualitas udara dilakukan menggunakan HTI HT-9600 untuk mendeteksi partikulat halus, khususnya $PM_{2.5}$ sebagai parameter utama penelitian. Alat diletakkan pada ketinggian $\pm 1,5$ meter dari permukaan tanah, sejajar dengan tinggi saluran napas manusia, agar hasil pengukuran representatif terhadap paparan inhalasi. Pengukuran dilakukan pada lokasi aktivitas pengemudi ojek online, terutama saat berhenti menunggu penumpang atau beristirahat. Setiap titik diamati selama 60 menit dengan rentang waktu antara pukul 08.00–16.00 WIB yang merepresentasikan jam kerja aktif. Sebelum digunakan, alat dikalibrasi sesuai petunjuk pabrikan untuk menjamin akurasi, sebagaimana praktik pada penelitian terdahulu dengan instrumen sejenis. Pengukuran dilakukan pada hari dan waktu berbeda, kemudian dihitung rata-rata hasilnya untuk meningkatkan reliabilitas. Nilai konsentrasi $PM_{2.5}$ yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alat HTI HT-9600 selanjutnya dikonversi ke dalam kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) berdasarkan pedoman Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Klasifikasi ISPU ini digunakan untuk menentukan tingkat paparan polusi udara pada lokasi kerja pengemudi ojek online, diklasifikasikan menjadi:

- Baik (ISPU 0–50)
- Sedang (ISPU 51–100)

- Tidak Sehat (>100)

Klasifikasi ini sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.⁴⁷

1. Rumus dasar konversi polutan ke ISPU:

$$ISPU = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} \times (C - C_{low}) + I_{low}$$

Keterangan:

- C = konsentrasi PM_{2.5} aktual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- C_{low} , C_{high} = batas bawah dan atas dari kategori PM_{2.5}
- I_{low} , I_{high} = batas bawah dan atas dari indeks ISPU kategori tersebut

2. Tabel Konversi Polusi Udara (PM_{2.5}) Berdasarkan ISPU (KLHK, 2020) dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 (2021) Lampiran VII.

Rentang PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kategori ISPU	Rentang ISPU
0 – 15.5	Baik	0-50
15.6 – 55.4	Sedang	51-100
55.5 – 500	Tidak Sehat	101-500

3.6.2 Pengisian Kuesioner ISPA

Pengumpulan data dilakukan dengan cara memberikan kuesioner BARSHSS-CV (Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version) kepada responden yang telah memenuhi kriteria inklusi penelitian. Responden diminta membaca setiap pernyataan dengan seksama dan memilih satu jawaban pada skala Likert 1–5, yaitu:

- 1 = Tidak setuju,
- 2 = Setuju sebagian kecil,
- 3 = Cukup setuju,
- 4 = Setuju sebagian besar,
- 5 = Sangat setuju.

Seluruh item kuesioner merujuk pada kondisi responden dalam dua minggu terakhir. Responden mengisi kuesioner secara mandiri dengan pengawasan peneliti untuk memastikan tidak ada item yang terlewat. Skor total digunakan untuk menentukan kategori status kesehatan pernapasan responden, yaitu baik (20–46), sedang (47–73), dan buruk (74–100). Pengisian kuesioner dilakukan secara mandiri oleh responden setelah mendapatkan penjelasan dan informed consent, dengan waktu pengisian rata-rata sekitar 10-15 menit.^{1,48}

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

3.7.1 Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan diolah melalui beberapa proses, yaitu:

a. Editing

Pada tahap ini data kuesioner yang telah diisi oleh responden akan diperiksa dengan tujuan untuk melihat apakah terdapat kesalahan kemudian dilakukan perbaikan.

b. Coding

Data akan diberi kode untuk memudahkan pengelompokkan data. Kode dapat dibuat dalam bentuk huruf atau angka untuk memudahkan analisis data.

c. Entry

Data yang telah dikumpulkan akan dimasukkan dan diproses ke dalam komputer untuk dianalisis.

d. Cleaning

Data akan diperiksa ulang untuk menghindari kesalahan dalam pemasukan data.

e. Saving

Data akan diperoleh, disimpan dan dilakukan analisis terhadap data tersebut.

3.7.2 Analisis Data

1. Analisis univariat

Analisis univariat dilakukan untuk mendeskripsikan karakteristik responden dan masing-masing variabel penelitian secara tunggal. Variabel-variabel yang dianalisis meliputi:

- Karakteristik responden: usia, jenis kelamin, status merokok, lama bekerja, dan durasi kerja harian di luar ruangan.
- Tingkat paparan polusi udara (PM2.5) berdasarkan klasifikasi ISPU: baik, sedang, tidak sehat
- Tingkat keparahan gejala ISPA berdasarkan skor total dari kuesioner: baik (20–46), sedang (47–73), buruk (74–100)

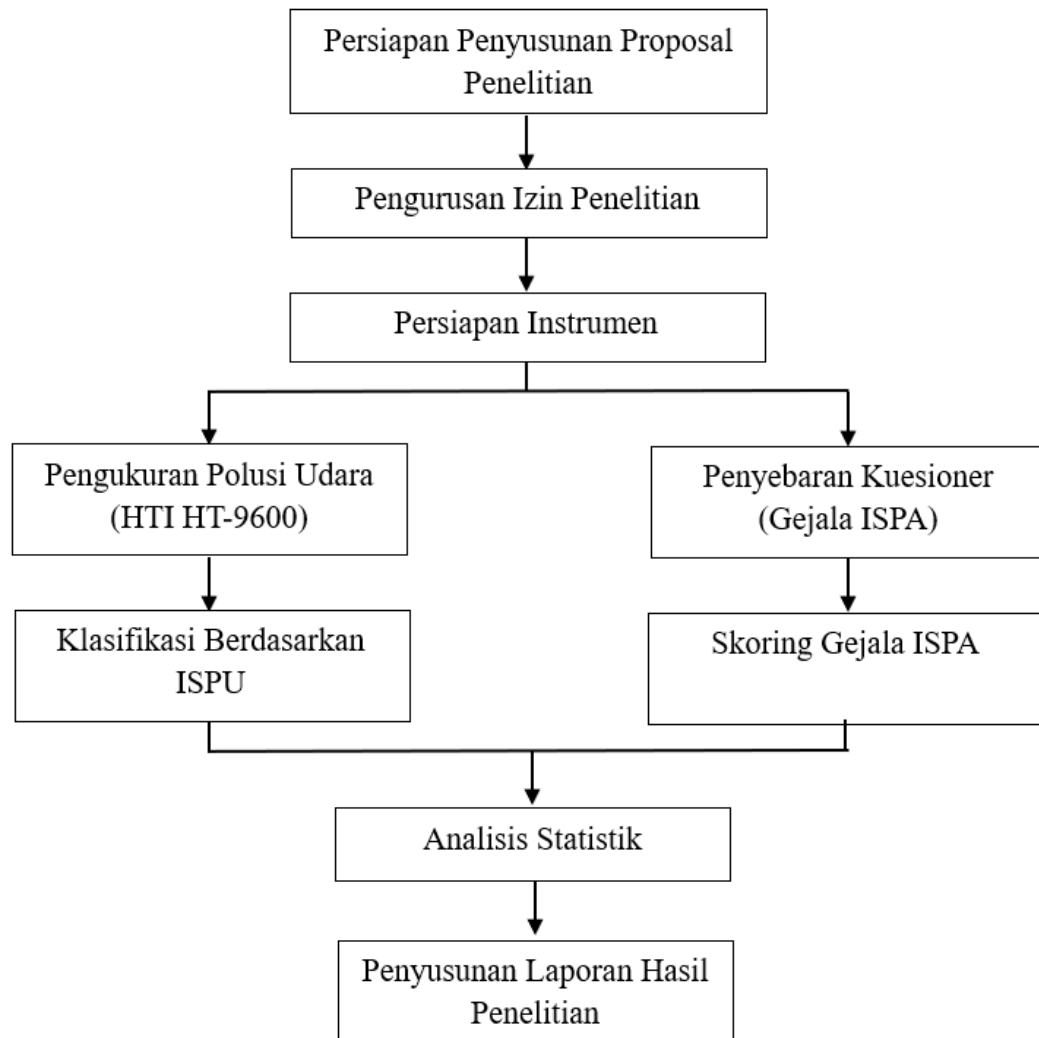
2. Analisis bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tingkat paparan polusi udara (PM2.5) dan tingkat gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Karena kedua variabel berskala ordinal dan data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji Spearman Rank (Spearman's Rho) sebagai uji non-parametrik. Uji ini bertujuan untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antara dua variabel, serta menilai signifikansi statistiknya.

- Kriteria Pengambilan Keputusan:
 - Jika $p\text{-value} < 0,05 \rightarrow H_0$ ditolak $\rightarrow$ ada hubungan yang bermakna secara statistik.
 - Jika $p\text{-value} \geq 0,05 \rightarrow H_0$ diterima $\rightarrow$ tidak ada hubungan yang bermakna secara statistik.

3.8 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Sebelum penelitian ini dilakukan, peneliti telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan nomor 1661/KEPK/FKUMSU/2025. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Deli Serdang dengan subjek penelitian berupa pengemudi ojek online yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi serta bersedia menjadi responden.

Penelitian ini menggunakan alat HTI HT-9600 untuk mengukur kadar polusi udara partikulat halus (PM2.5) di lokasi kerja pengemudi ojek online. Penilaian gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dilakukan menggunakan kuesioner BARSHSS yang diisi oleh responden.

4.1.1 Uji Univariat

4.1.1.1 Karakteristik Subjek Penelitian Berdasarkan Jenis Kelamin Dan Usia

Tabel 4.1 Karakteristik Berdasarkan Jenis Kelamin Dan Usia

Karakteristik	Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Usia	21-25	21	21,9
	26-30	29	30,2
	31-35	26	27,1
	>36	20	20,8
Jenis Kelamin	Laki-Laki	73	76
	Perempuan	23	24
Total		96	100

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada rentang usia 26–35 tahun. Berdasarkan jenis kelamin, mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki. Dengan demikian, karakteristik responden dalam penelitian ini didominasi oleh responden usia dewasa muda dengan jenis kelamin laki-laki.

4.1.1.2 Karakteristik Subjek Penelitian Tingkat paparan polusi udara (PM2.5) berdasarkan klasifikasi ISPU

Tabel 4.2 Karakteristik Berdasarkan Polusi Udara

Polusi Udara	Frekuensi	Persentase (%)
Baik	32	33,3
Sedang	64	66,7
Tidak Sehat	0	0
Total	96	100

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kualitas udara pada lokasi penelitian berada pada kategori baik dan sedang, dengan mayoritas termasuk dalam kategori sedang serta tidak ditemukan kondisi polusi udara kategori tidak sehat. Dengan demikian, paparan polusi udara pada responden dapat dikatakan tidak berada pada tingkat yang berat.

4.1.1.3 Karakteristik Subjek Penelitian Tingkat keparahan gejala ISPA berdasarkan skor total dari kuesioner

Tabel 4.3 Karakteristik Berdasarkan Gejala ISPA

Gejala ISPA	Frekuensi	Persentase (%)
Baik	44	45,8
Sedang	52	54,2
Buruk	0	0
Total	96	100

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kondisi gejala ISPA pada responden berada pada kategori baik dan sedang, dengan mayoritas responden termasuk dalam kategori sedang serta tidak ditemukan responden dengan gejala ISPA kategori buruk. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum responden mengalami gejala ISPA pada tingkat ringan hingga sedang.

4.1.2 Uji Bivariat *Spearman*

Berikut merupakan hasil uji bivariat *spearman* yang dilakukan pada aplikasi IBM SPSS sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Uji Korelasi *Spearman*

Polusi Udara	Gejala ISPA		Total	Nilai r	p-value
	Baik	Sedang			
Baik	32 (33,33%)	0 (0%)	32 (33,33%)	0,769	0,001
Sedang	12 (12,5%)	52 (54,17%)	64 (66,67%)		
Total	44 (45,83%)	52 (54,17%)	96 (100%)		

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil uji korelasi Spearman menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$, yang berarti terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara polusi udara dan gejala ISPA pada responden. Nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,769$ menunjukkan hubungan yang sangat kuat dengan arah hubungan positif, dimana peningkatan tingkat polusi udara diikuti oleh peningkatan kecenderungan terjadinya gejala ISPA. Namun demikian, mengingat desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional*, hasil penelitian ini tidak dapat menjelaskan hubungan sebab akibat antara kedua variabel tersebut.

4.2 Pembahasan

Polusi udara merupakan faktor lingkungan yang berperan penting terhadap terjadinya gangguan pernapasan, terutama pada kelompok pekerja yang sering terpapar di luar ruangan. Paparan polutan seperti debu jalanan, asap kendaraan bermotor, serta partikulat halus PM2.5 dapat menimbulkan iritasi saluran napas dan meningkatkan risiko terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Pengemudi ojek online termasuk kelompok yang memiliki risiko tinggi karena aktivitas kerjanya berlangsung di jalan raya dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara tingkat paparan polusi udara dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Penilaian gejala ISPA dilakukan menggunakan kuesioner, sementara paparan polusi udara dinilai berdasarkan kondisi lingkungan kerja responden. Pengukuran polusi udara dilakukan selama beberapa hari guna memperoleh gambaran paparan yang lebih representatif.

Responden dalam penelitian ini berada pada rentang usia dewasa produktif. Meskipun kelompok usia ini umumnya masih memiliki kondisi pernapasan yang relatif baik, paparan polusi udara tetap dapat memicu munculnya gejala ISPA. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa paparan polutan seperti PM_{2.5} dan NO₂ dapat meningkatkan risiko ISPA pada orang dewasa, terlepas dari usia produktif yang dimiliki.^{49,50}

Mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki, yang menggambarkan tingginya keterpaparan terhadap polusi udara akibat aktivitas luar ruangan yang lebih intens. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa perbedaan jenis kelamin dapat memengaruhi kerentanan terhadap gangguan pernapasan, baik melalui perbedaan biologis maupun pola paparan sehari-hari. Namun demikian, baik laki-laki maupun perempuan tetap berisiko mengalami gejala ISPA apabila terpapar polusi udara secara terus-menerus, sehingga jenis kelamin dapat berkontribusi terhadap variasi gejala yang muncul.⁵¹

Tingkat polusi udara yang dialami responden umumnya berada pada kategori baik hingga sedang, tanpa ditemukan kategori tidak sehat. Meskipun demikian, seluruh responden tetap terpapar polusi kendaraan bermotor setiap hari selama bekerja. Kondisi ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa paparan polutan seperti PM_{2.5} dan CO tetap dapat menimbulkan iritasi saluran napas meskipun kualitas udara tidak selalu dirasakan buruk oleh pekerja.⁵²

Gejala ISPA yang dialami responden sebagian besar berada pada kategori sedang. Kondisi ini tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat polusi udara, tetapi juga oleh perilaku penggunaan alat pelindung diri, khususnya masker. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pekerja jalan raya yang jarang menggunakan

masker cenderung lebih sering mengalami keluhan pernapasan akibat paparan langsung polutan.⁵³ Dengan demikian, gejala ISPA yang muncul pada responden merupakan hasil dari kombinasi antara paparan polusi udara dan perlindungan diri yang belum optimal.

Pengemudi ojek online merupakan kelompok pekerja yang sehari-hari beraktivitas di lingkungan dengan lalu lintas padat, sehingga memiliki risiko tinggi terpapar polusi udara, khususnya partikulat halus PM2.5. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar pengemudi merasakan kualitas udara di rute kerja kurang nyaman dan sering mengalami keluhan pernapasan ringan, yang mengindikasikan adanya keterkaitan antara paparan polusi udara dan munculnya gejala ISPA. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian di kawasan perkotaan Indonesia yang menunjukkan bahwa PM2.5 merupakan polutan udara yang berperan signifikan terhadap peningkatan kasus ISPA. Analisis menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan bermakna antara kadar PM2.5 dan kejadian ISPA, yang menandakan bahwa peningkatan konsentrasi PM2.5 berkontribusi terhadap meningkatnya keluhan saluran pernapasan.⁵⁴ Secara patofisiologis, PM2.5 dapat bertahan lama di udara dan masuk hingga ke bronkiolus serta alveoli, sehingga memicu respons inflamasi berupa iritasi mukosa, peningkatan produksi mukus, dan gangguan fungsi silia. Paparan yang berlangsung secara terus-menerus, dikombinasikan dengan kondisi lalu lintas yang padat serta penggunaan alat pelindung diri yang tidak konsisten, menyebabkan pengemudi ojek online lebih rentan mengalami gejala seperti batuk, tenggorokan kering, dan sesak napas.⁵⁵ Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa paparan PM2.5 dari emisi kendaraan bermotor berperan penting dalam meningkatkan risiko terjadinya ISPA pada kelompok pekerja yang beraktivitas di luar ruangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hubungan paparan polusi udara dengan gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang Tahun 2025, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan tingkat paparan polusi udara ($PM_{2.5}$), sebagian besar lokasi operasional pengemudi ojek online berada pada kategori baik hingga sedang menurut klasifikasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), dengan proporsi masing-masing sebesar 33,3% pada kategori baik dan 66,7% pada kategori sedang.
2. Berdasarkan tingkat keparahan gejala ISPA, mayoritas responden mengalami gejala ISPA kategori baik hingga sedang berdasarkan skor kuesioner BARSHSS-CV, dengan persentase sebesar 45,8% pada kategori baik dan 54,2% pada kategori sedang.
3. Berdasarkan analisis hubungan, terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

5.2 Saran

Peneliti selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain penelitian longitudinal atau kohort agar hubungan sebab akibat antara paparan polusi udara dan gejala ISPA dapat dinilai dengan lebih jelas. Selain itu, pengukuran polusi udara sebaiknya dilakukan secara lebih objektif dan spesifik, seperti pengukuran kadar $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , dan CO. Penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar serta cakupan lokasi yang lebih luas juga dianjurkan untuk meningkatkan generalisasi hasil, disertai dengan penggunaan data objektif seperti pemeriksaan fungsi paru guna memperkuat temuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Monica M, Suwarno ML, Hidayah AJ. Hubungan Lama Paparan Polusi Udara Dan Perilaku Merokok Terhadap Fungsi Paru Pada Driver Ojek Online. *JURNAL MUTIARA NERS*. 2021;4(1):31-39.
2. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. *Survei Kesehatan Indonesia*. 2023. <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/hasil-ski-2023/>
3. Badan Pusat Statistik. Provinsi Sumatera Utara Dalam Angka 2023. Published online 2023. 2023. <https://medankota.bps.go.id/id>
4. Machmud S. Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Mesin Nusantara*. 2021;4(1):21-29.
5. Leky, A. S., & Watimena E. Studi Kausalitas antara Polusi Udara dan Kejadian Penyakit Saluran Pernapasan di Kota Bogor. *Studi Kausalitas antara Polusi Udara dan Kejadian Penyakit Saluran Pernapasan di Kota Bogor*. Published online 2024.
6. Deli BPSK. *Statistik Daerah Kabupaten Deli Serdang*. 2024.
7. IQAir Indonesia. Kualitas Udara Di Daerah Tingkat I Sumatera Utara. IQAir. 2025. <https://www.iqair.com/id/indonesia/north-sumatra>
8. Ajeng PM Subagio. Hubungan Konsumsi Suplemen Mikronutrien Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) Pada Mahasiswa Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2020;2507(February):1-9.
9. Edin J. Mifsud MK and IGB. Upper respiratory tract allergies. *Aust Fam Physician*. 2021;8(1).
10. Roffana A, Adiatmika IPG, Primayanti IDAID, Sundari LPR. Hubungan Kualitas Udara, Aktivitas Kerja, dan Kesehatan Paru Pada Driver Ojek Online Di Kota Denpasar. *Intisari Sains Medis*. 2023;14(1):364-370.
11. Sitthikarnkha P, Uppala R, Niamsanit S, et al. Epidemiology Of Acute Lower Respiratory Tract Infection Hospitalizations In Thai Children: A 5-Year National Data Analysis. *Influenza Other Respir Viruses*. 2022;16(1):142-150.
12. Rahmadanti D, Darmawansyah Alnur R. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian ISPA Pada Balita. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 2023;2(2):20-28.
13. Anjeli F, Maulita Y, Khair H, et al. Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Pada Gangguan Pernafasan Menggunakan Metode Naïve Bayes menghitung sekumpulan probabilitas dengan menjumlahkan frekuensi dan kombinasi nilai Sistem Pakar Sistem pakar atau Expert System biasa

- disebut juga dengan Knowledge. *Jurnal publikasi Sistem Informasi dan Telekomunikasi*. 2024;2(4).
14. Khajeamiri Y, Sharifi S, Moradpour N, Khajeamiri A. A review on the effect of air pollution and exposure to PM, NO₂, O₃, SO₂, CO and heavy metals on viral respiratory infections. *Journal of Air Pollution and Health*. 2020;5(4):243-258. doi:10.18502/japh.v5i4.6445
 15. Nia Sulistiyani SP. Literature Riview: Edukasi Pencegahan ISPA Dengan Program K3 Pada Pekerja. *Sustainability (Switzerland)*. 2021;11(1):1-14.
 16. Izzati CK, Noerjoedianto D, Siregar SA, Studi P, Kesehatan I, Universitas M. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida (NO₂) Pada Penyapu Jalan di Kota Jambi Tahun 2021. *Jurnal Kesmas Jambi (JKMJ)*. 2021;5(2):45-54.
 17. Pramono B, Saputra A. Hubungan Kadar Debu Total , Karakteristik Pekerja , Dan Perilaku Individu Terhadap Keluhan Subjektif Gangguan Pernapasan Pada Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM) Di Pelabuhan Marunda , Jakarta Utara Tahun 2023. *Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II, DKI Jakarta, Indonesia*. 2023;2(05):1184-1199.
 18. Wahyuni D, Kurniawati Y. Pengaruh Penggunaan Alat Pelindung Diri Terhadap Terjadinya Gejala Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) pada Pegawai Dinas Perhubungan Kota Jakarta Timur. *Program Studi SI Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Mohammad Husni Thamrin*. 2021;13(1):73-84.
 19. Ranti Safira. Pengaruh Paparan Asap Rokok dan Polusi Udara terhadap Kejadian ISPA. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*. 2024;3(1):621-628.
 20. Adzkiya Safitri. Skripsi Hubungan Kadar Particulate Matter 2,5 Udara Rumah Dengan Kejadian ISPA Pada Balita Di Sekitar Pabrik CPO PT . X Kabupaten Banyuasin Tahun 2023. *Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya*. Published online 2024.
 21. Putri RA, Prasetyo A, Supriyono V. Kejadian ISPA di Sekitar Industri Genteng atau Batu Bata di Desa Bogorejo, Kecamatan Barat Kabupaten Magetan. *JPKM: Jurnal Profesi Kesehatan Masyarakat*. 2023;4(1):9-16.
 22. Simanjuntak J, Santoso E, Marji. Klasifikasi Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dengan Menerapkan Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2021;5(11):5023-5029.
 23. Fitri ZE, Sahenda LN, Puspitasari PSD, Destarianto P, Rukmi DL, Imron AMN. The The Classification of Acute Respiratory Infection (ARI) Bacteria Based on K-Nearest Neighbor. *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*. 2021;12(2):91.

24. Indra Haryanto Ali, Hamka SN. Karakteristik Epidemiologi Penyakit Saluran Pernafasan Akut (ISPA) Di Puskesmas Telaga Biru. *Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat Jurusan Sanitasi Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Gorontalo*. 2024;10(2277):370-378.
25. Sombuk, Carl Ray Kalla, Yunisa Astiarani KK. Profil Pengobatan Infeksi Saluran Napas Atas Akut (ISPA) dan Hubungannya dengan Kunjungan Ulang Pasien. *Jurnal Ilmu Kesehatan*. 2024;14(01):335-352.
26. Dongoran RF, Nur Insan H. Evaluasi Terapi Pasien Infeksi Saluran Pernapasan Akut Di Uptd Puskesmas Kalangan Tahun 2022. *Jurnal Kesehatan Ilmiah Indonesia (Indonesian Health Scientific Journal)*. 2023;8(2):213.
27. Wellid I, Simbolon LM, Falahuddin MA, et al. Evaluasi Polusi Udara PM2.5 dan PM10 di Kota Bandung serta Kaitannya dengan Infeksi Saluran Pernafasan Akut. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2024;23(2):128-136. doi:10.14710/jkli.23.2.128-136
28. Akbar F, Rosdiana R, Sumarlin S. Analisis Tingkat Pencemar Carbon Monoksida di Udara Akibat Lalulintas dengan Model Polusi Udara Skala Mikro di Jalan MT Haryono Kota Kendari. *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari*. 2022;2(2):041-045.
29. Rosatul Umah, Eva Gusmira. Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*. 2024;3(3):103-112. doi:10.58192/profit.v3i3.2246
30. Saragih EE, Jati DR, Pramadita S. Analisis Polutan Udara (CO, NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} dan TSP) di Industri Galangan Kapal serta Pengaruhnya terhadap Lingkungan Kerja. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 2022;10(2):129-138.
31. Rahadi B, Kurniati E, Imaya AT. Analisis Sebaran Polutan SO₂, NO_x dan PM₁₀ dari Sumber Bergerak pada Jalan Arteri Kota Malang Pollutant Distribution Analysis Of SO₂, NO_x And PM₁₀ From Non Point Source On Arterial Roads In Malang City. *Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 2023;6(3):40-51.
32. Nasri SM, Putri FA, Sunarno S, Fauzia S, Ramdhan DH. PM_{2.5} exposure and lung function impairment among fiber-cement industry workers. *J Public Health Res*. 2023;12(1):1-7. doi:10.1177/22799036221148989
33. Kazemi Garajeh M, Laneve G, Rezaei H, Sadeghnejad M, Mohamadzadeh N, Salmani B. Monitoring Trends of CO, NO₂, SO₂, and O₃ Pollutants Using Time-Series Sentinel-5 Images Based on Google Earth Engine. *Pollutants*. 2023;3(2):255-279. doi:10.3390/pollutants3020019

34. Wan Mahiyuddin WR, Ismail R, Mohammad Sham N, Ahmad NI, Nik Hassan NMN. *Cardiovascular and Respiratory Health Effects of Fine Particulate Matters (PM_{2.5}): A Review on Time Series Studies*. Vol 14. 2023. doi:10.3390/atmos14050856
35. Ertiana ED. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Masyarakat: Literatur Review. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*. 2022;12(2):287-296. <http://journal.stikeskendal.ac.id/index.php/PSKM>
36. Rif Atiningtyas, Indriyati HICK. Pengaruh Polusi Udara terhadap Fungsi Kapasitas Paru pada Petugas Parkir di Wilayah Parkir Zona C Kota Surakarta. *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia*. Published online 2022:1-23.
37. Sembiring ETJ. Risiko Kesehatan Paparan Pm_{2,5} Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2020;26(1):101-120.
38. Jumadil J. Analisis Kualitas Udara (Nilai Parameter PM_{2,5} dan Karbon Monoksida) di Sekitar Kampus Universitas Bosowa Makassar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*. 2023;8(2):164-171.
39. Putra AE, Rismawan T. Klasifikasi Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*. 2023;11(2):190. doi:10.26418/coding.v11i2.58704
40. Saputra AE. Identifikasi Paparan PM_{2,5} Di Wilayah Kota Cimahi. *Jurnal Kesehatan Kartika*. 2021;16(3):104-109. doi:10.26874/jkkes.v16i3.205
41. Margana AS, Nisa EC. Kaji Eksperimental Penggunaan Particle Counter HT 9600 PM_{2,5} untuk Mengukur Kualitas Udara pada Clean Room. *Prosiding Seminar Nasional Vokasi Indonesia*. 2023;1(November):110-116.
42. Kim D, Shin D, Hwang J. Calibration of Low-cost Sensors for Measurement of Indoor Particulate Matter Concentrations via Laboratory/Field Evaluation. *Aerosol Air Qual Res*. 2023;23(8). doi:10.4209/aaqr.230097
43. Sá JP, Chojer H, Branco PTBS, et al. Selection and evaluation of commercial low-cost devices for indoor air quality monitoring in schools. *Journal of Building Engineering*. 2024;98(September). doi:10.1016/j.jobee.2024.110952
44. Dou H, Zhao Y, Chen Y, et al. Brief adult respiratory system health status scale-community version (BARSHSS-CV): Developing and evaluating the reliability and validity. *BMC Health Serv Res*. 2018;18(1):1-10. doi:10.1186/s12913-018-3505-z
45. Lwanga SK. *Sample Size Determination In Health Studies*. World Health Organization; 1991.

46. Nuryati N, Sumeru, Sadida LQ. Analisis Kualitas Udara pada saat Sholat Lima Waktu dengan Parameter Konsentrasi PM2.5 (Wilayah Studi: Kota Bandung Barat). *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-8 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*. 2022;8(1):420-427.
47. Kusnandar M. Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020. *Permen LHK Nomor 14 Tahun 2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)*. Published online 2020:1-16.
48. Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. ISPU dan Baku Mutu Udara. 2021. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/165262/pp-no-22-tahun-2021>
49. Huang JY, Feng W, Sang GX, Mcdonald S, He TF, Lin Y. Association between short - term exposure to ambient air pollutants and the risk of hospital visits for acute upper respiratory tract infections among adults : a time - series study in Ningbo ,. *BMC Public Health*. Published online 2024:1-12. doi:10.1186/s12889-024-19030-7
50. Kaspersen KA, Antonsen S, Horsdal HT, et al. Exposure to air pollution and risk of respiratory tract infections in the adult Danish population d a nationwide study. *Clinical Microbiology and Infection*. 2024;30(1):122-129. doi:10.1016/j.cmi.2023.10.013
51. Abbadi A, Beridze G, Tsoumani E, et al. Sex differences in the impact of lower respiratory tract infections on older adults' health trajectories: a population-based cohort study. *BMC Infect Dis*. 2024;24(1). doi:10.1186/s12879-024-10131-7
52. Situmeang B, Napitupulu R, Ambu R, et al. PENGARUH TINGKAT POLUSI UDARA TERHADAP TINGKAT PENGIDAP PENYAKIT ISPA DI LINGKUP MASYARAKAT KRAMAT JATI. *Journal of Comprehensive Science*. 2023;2(12):1520-1539.
53. Muhammad Thoifur Fajar. Studi Perbandingan Kualitas Udara di Kota Indonesia Terdampak Infeksi Saluran Pernapasan Akut. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. 2024;3(2):160-169. doi:10.55123/insologi.v3i2.3288
54. Hartono B, Fitria L, B.M SAF. Tingkat Risiko Kesehatan Paparan PM 2.5 Pada Masyarakat Di Sekitar Jalan Raya Daan Mogot Jakarta Barat Tahun 2023. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2025;24(2):177-185. doi:10.14710/jkli.71052
55. Septiani F, Al Amini A, Arif J, Damanik D, Pasaribu GR, Al Azmi F. Dampak Polusi Lingkungan terhadap Kesehatan Masyarakat di Kawasan Perkotaan Indonesia. *Cendekia: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*. 2025;2(1):14-22.
56. YOLANDA MUTIARA CHRISTINA. Hubungan Konsentrasi PM10 dan Karakteristik Pekerja Terhadap Keluhan Subjektif Gangguan Pernapasan

Akut Pada Petugas di area Basement Parkir Mal Blok M dan Poins Square Tahun 2020. *FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA*. 2020;13(3):1576-1580.

57. Ramadhani AN, Santi DN. Analisis kadar PM10 dan CO serta keluhan pernapasan pada petugas operasional terminal peti kemas PT PELINDO Belawan tahun 2023. *Tropical Public Health Journal*. 2023;3(2):79-88. doi:10.32734/trophico.v3i2.13100
58. Wahab W. Kadar Pm10 Dan Pm2,5 Di Udara Terhadap Keluhan Subjektif Ispa Pada Pekerja Industri Phinisi Di Kecamatan Bonto Bahari Kabupaten Bulukumba. *FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR*. Published online 2023.
59. Hartono B, Fitria L, B.M SAF. Tingkat Risiko Kesehatan Paparan PM 2.5 Pada Masyarakat Di Sekitar Jalan Raya Daan Mogot Jakarta Barat Tahun 2023. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2025;24(2):177-185. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkli/article/view/71052>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Penjelasan Kepada Responden

Lembar Penjelasan Kepada Calon Subjek Penelitian

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Saya Shafa Salsabila, mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Saat ini saya sedang melakukan penelitian dengan judul: "Hubungan Paparan Polusi Udara Jalan Raya dengan Gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Pengemudi Ojek Online di Kabupaten Deli Serdang".

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengumpulan data berupa pengukuran kualitas udara menggunakan alat Temtop LKC-1000S+ dan pengisian kuesioner terkait gejala ISPA oleh pengemudi ojek online.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana paparan polusi udara jalan raya berhubungan dengan munculnya gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Partisipasi dalam penelitian ini bersifat sukarela dan tidak ada paksaan. Semua data pribadi dan informasi yang diberikan akan dijaga kerahasiaannya, dianonimkan, serta hanya digunakan untuk kepentingan penelitian. Apabila Bapak/Ibu/Saudara bersedia, partisipasi ini sangat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi dasar rekomendasi kesehatan kerja bagi pengemudi ojek online.

Jika memerlukan informasi lebih lanjut, dapat menghubungi saya:

Nama : Shafa Salsabila

Alamat : Jl. Kerambik No.14

Email : shafasalsab145@gmail.com

No. HP : 085262424855

Setelah memahami penjelasan mengenai penelitian ini, diharapkan Bapak/Ibu/Saudara berkenan mengisi lembar persetujuan menjadi responden (informed consent) yang telah disediakan. Atas perhatian dan partisipasi yang diberikan, saya mengucapkan terima kasih.

Peneliti

(Shafa Salsabila)

Lampiran 2 Ethical Clearance



UMSU
Unggul, Cerdas, Berprestasi

KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FACULTY OF MEDICINE UNIVERSITY OF MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL APPROVAL
"ETHICAL APPROVAL"
No : 1661/KEPK/FKUMSU/2025

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The Research protocol proposed by

Peneliti Utama : **Shafa Salsabila**
Principal in investigator

Nama Institusi : Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Name of the Institution Faculty of Medicine University of Muhammadiyah Sumatera Utara

Dengan Judul
Title

"HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA JALAN RAYA DENGAN GEJALA ISPA PADA PENGEMUDI OJEK ONLINE DI KABUPATEN DELI SERDANG"

"THE RELATIONSHIP BETWEEN EXPOSURE TO ROAD AIR POLLUTION AND SYMPTOMS OF ACUTE RESPIRATORY INFECTIONS (ARI) IN ONLINE MOTORCYCLE TAXI DRIVERS IN DELI SERDANG REGENCY"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah
3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Resiko, 5) Bujukan / Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan
7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion / Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicator of each standard

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 22 September 2025 sampai dengan tanggal 22 September 2026
The declaration of ethics applies during the periode September 22, 2025 until September 22, 2026



Medan, 22 September 2025
Ketua
[Signature]
Assoc. Prof. Dr. dr. Nurfady, MKT

Lampiran 3 Surat Keterangan Selesai Penelitian

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nama : Shafa Salsabila
NPM : 2208260255
Program Studi : Pendidikan Dokter
Judul Proposal : Hubungan Paparan Polusi Udara Jalan Raya Dengan Gejala ISPA Pada Pengemudi Ojek Online di Kabupaten Deli Serdang

Menyatakan bahwa mahasiswa/i yang bersangkutan telah menyelesaikan penelitian di Kabupaten Deli Serdang

Medan, 8 Desember 2025

Pembimbing



dr.Siti Mirhalina Hasibuan, Sp.PA

Lampiran 4 Kuesioner Identitas Responden dan Gejala ISPA

1. Identitas Responden

Nama : _____

Usia : _____

Jenis Kelamin : ☐ Laki-laki ☐ Perempuan

Lama bekerja sebagai ojek online : _____ tahun

Rata-rata lama berkendara per hari : _____ jam

Status merokok : ☐ Ya ☐ Tidak

Jika Ya : _____ batang/hari

2. Kuesioner Gejala ISPA Adaptasi dari Brief Adult Respiratory System Health Status Scale – Community Version, Q1–Q20 (2018)

No	Pernyataan	Tidak Setuju (1)	Setuju Sebagian Kecil (2)	Cukup Setuju (3)	Setuju (4)	Sangat Setuju (5)
1	Saya sering masuk angin / flu.	☐	☐	☐	☐	☐
2	Saya sering batuk.	☐	☐	☐	☐	☐
3	Saya sering merasa ada dahak di tenggorokan.	☐	☐	☐	☐	☐
4	Saya sering merasa dada terasa sesak.	☐	☐	☐	☐	☐

5	Saya sering mendengar bunyi mengi atau siulan saat bernapas.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Saya sering sulit bernapas ketika tidur di malam hari.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Saya sering berjalan lambat karena sesak napas.	☐	☐	☐	☐	☐
8	Saya sering kesulitan bernapas setelah melakukan aktivitas ringan.	☐	☐	☐	☐	☐
9	Saat ini saya sedang menderita penyakit saluran pernapasan.	☐	☐	☐	☐	☐
10	Bila saya menderita penyakit saluran pernapasan, biasanya butuh waktu lama untuk sembuh.	☐	☐	☐	☐	☐
11	Saya sering tidak bisa bekerja, belajar, atau beraktivitas di luar	☐	☐	☐	☐	☐

	karena penyakit saluran pernapasan.					
12	Saya sering ke rumah sakit untuk pemeriksaan atau pengobatan karena penyakit saluran pernapasan.	☐	☐	☐	☐	☐
13	Saya sering menggunakan obat untuk mengatasi penyakit saluran pernapasan.	☐	☐	☐	☐	☐
14	Saya sering merokok.	☐	☐	☐	☐	☐
15	Anggota keluarga saya sering merokok.	☐	☐	☐	☐	☐
16	Anggota keluarga saya sering menderita penyakit saluran pernapasan di masa lalu.	☐	☐	☐	☐	☐
17	Saya sering menderita penyakit saluran pernapasan di masa lalu.	☐	☐	☐	☐	☐

18	Saya sering berada di lingkungan yang berkabut/asap (haze).	☐	☐	☐	☐	☐
19	Lingkungan kerja saya penuh dengan debu atau gas berbahaya.	☐	☐	☐	☐	☐
20	Saya alergi terhadap serbuk bunga, debu, bulu hewan, atau gas tertentu.	☐	☐	☐	☐	☐

Petunjuk Skala :

- 1) 1 = Tidak setuju
- 2) 2 = Setuju sebagian kecil
- 3) 3 = Setuju sedang
- 4) 4 = Setuju sebagian besar
- 5) 5 = Sangat setuju

Lampiran 5 Distribusi Frekuensi

Usia

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	21 tahun	3	3.1	3.1	3.1
	22 tahun	3	3.1	3.1	6.3
	23 tahun	4	4.2	4.2	10.4
	24 tahun	4	4.2	4.2	14.6
	25 tahun	7	7.3	7.3	21.9
	26 tahun	2	2.1	2.1	24.0
	27 tahun	7	7.3	7.3	31.3
	28 tahun	7	7.3	7.3	38.5
	29 tahun	6	6.3	6.3	44.8
	30 tahun	7	7.3	7.3	52.1
	31 tahun	9	9.4	9.4	61.5
	32 tahun	5	5.2	5.2	66.7
	33 tahun	4	4.2	4.2	70.8
	34 tahun	4	4.2	4.2	75.0
	35 tahun	4	4.2	4.2	79.2
	36 tahun	1	1.0	1.0	80.2
	37 tahun	3	3.1	3.1	83.3
	39 tahun	1	1.0	1.0	84.4
	40 tahun	4	4.2	4.2	88.5
	41 tahun	1	1.0	1.0	89.6
	42 tahun	4	4.2	4.2	93.8
	43 tahun	2	2.1	2.1	95.8
	45 tahun	3	3.1	3.1	99.0
	50 tahun	1	1.0	1.0	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Jenis Kelamin

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Laki laki	73	76.0	76.0	76.0
	Perempuan	23	24.0	24.0	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Lama Bekerja

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2 tahun	19	19.8	19.8	19.8
	3 tahun	18	18.8	18.8	38.5
	3,5 tahu	5	5.2	5.2	43.8
	4 tahun	27	28.1	28.1	71.9
	4,5 tahu	1	1.0	1.0	72.9
	5 tahun	11	11.5	11.5	84.4
	5,8 tahu	1	1.0	1.0	85.4
	6 tahun	8	8.3	8.3	93.8
	7 tahun	4	4.2	4.2	97.9
	8 tahun	2	2.1	2.1	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Lama Berkendara

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	10 jam	26	27.1	27.1	27.1
	11 jam	2	2.1	2.1	29.2
	12 jam	18	18.8	18.8	47.9
	13 jam	1	1.0	1.0	49.0
	14 jam	2	2.1	2.1	51.0
	5 jam	1	1.0	1.0	52.1
	6 jam	1	1.0	1.0	53.1
	7 jam	13	13.5	13.5	66.7
	8 jam	18	18.8	18.8	85.4
	9 jam	14	14.6	14.6	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Status Merokok

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	86	89.6	89.6	89.6
	Ya	10	10.4	10.4	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Jumlah Batang Rokok

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	12 batang	7	7.3	7.3	7.3
	6 batang	3	3.1	3.1	10.4
	Tidak	86	89.6	89.6	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

Polusi Udara

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Baik	32	33.3	33.3	33.3
	Sedang	64	66.7	66.7	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

gejala ispa

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Baik	44	45.8	45.8	45.8
	Sedang	52	54.2	54.2	100.0
	Total	96	100.0	100.0	

paparan polusi udara * gejala ispa Crosstabulation

			gejala ispa		
			Baik	Sedang	Total
paparan polusi udara	Baik	Count	32	0	32
		% within paparan polusi udara	100.0%	0.0%	100.0%
	Sedang	Count	12	52	64
		% within paparan polusi udara	18.8%	81.3%	100.0%
Total		Count	44	52	96
		% within paparan polusi udara	45.8%	54.2%	100.0%

UJI BIVARIAT SPEARMAN

Nonparametric Correlations

Correlations

		paparan polusi udara		gejala ispa
→	Spearman's rho	paparan polusi udara	Correlation Coefficient	1.000
			Sig. (2-tailed)	.
			N	96
	gejala ispa		Correlation Coefficient	.769**
			Sig. (2-tailed)	<.001
			N	96

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 6 Lembar Deskripsi Subjek Penelitian

A. DATA KARAKTERISTIK SUBJEK PENELITIAN

Subjek	Usia	Jenis Kelamin	Lama Bekerja	Lama Berkendara	Status Merokok	Jumlah Rokok
R1	22 tahun	Laki-laki	2 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R2	31 tahun	Laki-laki	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R3	28 tahun	Laki-laki	2 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R4	22 tahun	Laki-laki	2 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R5	23 tahun	Laki-laki	3,5 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R6	31 tahu	Perempuan	6 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R7	21 tahun	Laki-laki	2 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R8	25 tahun	Laki-laki	5 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R9	33 tahun	Laki-laki	2 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R10	30 tahun	Laki-laki	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R11	24 tahun	Laki-laki	2 tahun	5 jam	Tidak	Tidak
R12	21 tahun	Laki-laki	2 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R13	22 tahun	Laki-laki	2 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R14	23 tahun	Laki-laki	2 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R15	24 tahun	Laki-laki	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R16	25 tahun	Laki-laki	3,5 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R17	27 tahun	Laki-laki	3 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R18	26 tahun	Laki-laki	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R19	23 tahun	Laki-laki	2 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R20	34 tahun	Perempuan	2 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R21	28 tahun	Laki-laki	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R22	34 tahun	Perempuan	2 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R23	31 tahun	Laki-laki	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R24	27 tahun	Laki-laki	4 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R25	28 tahun	Laki-laki	5 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R26	30 tahun	Laki-laki	5 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R27	39 tahun	Perempuan	5 tahun	6 jam	Tidak	Tidak
R28	30 tahun	Laki-laki	2 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R29	39 tahun	Laki-laki	2 tahun	10 jam	Ya	12 batang
R30	30 tahun	Perempuan	6 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R31	40 tahun	Perempuan	5 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R32	42 tahun	Perempuan	4 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R33	45 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R34	30 tahun	Laki-laki	4 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R35	31 tahun	Laki-laki	4 tahun	11 jam	Tidak	Tidak

R36	34 tahun	Laki-laki	6 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R37	29 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R38	40 tahun	Laki-laki	5 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R39	27 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R40	41 tahun	Laki-laki	4 tahun	12 jam	Ya	12 batang
R41	33 tahun	Laki-laki	6 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R42	31 tahun	Perempuan	3 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R43	37 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R44	42 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R45	28 tahun	Laki-laki	7 tahun	12 jam	Ya	12 batang
R46	30 tahun	Laki-laki	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R47	42 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R48	32 tahun	Perempuan	3 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R49	26 tahun	Laki-laki	3 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R50	29 tahun	Laki-laki	5 tahun	12 jam	Ya	6 batang
R51	27 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R52	32 tahun	Laki-laki	3 tahun	10 jam	Ya	6 batang
R53	31 tahun	Laki-laki	3 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R54	27 tahun	Laki-laki	2 tahun	12 jam	Ya	12 batang
R55	28 tahun	Laki-laki	3 tahun	11 jam	Tidak	Tidak
R56	29 tahun	Laki-laki	4 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R57	28 tahun	Perempuan	3 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R58	33 tahun	Perempuan	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R59	28 tahun	Perempuan	3 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R60	32 tahun	Perempuan	2 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R61	29 tahun	Perempuan	3 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R62	35 tahun	Perempuan	5 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R63	30 tahun	Perempuan	7 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R64	31 tahun	Perempuan	4 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R65	36 tahun	Perempuan	2 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R66	35 tahun	Laki-laki	5 tahun	13 jam	Ya	12 batang
R67	34 tahun	Laki-laki	2 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R68	45 tahun	Laki-laki	3 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R69	30 tahun	Laki-laki	5 tahun	14 jam	Tidak	Tidak
R70	23 tahun	Laki-laki	4 tahun	14 jam	Tidak	Tidak
R71	30 tahun	Laki-laki	7 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R72	25 tahun	Laki-laki	3,5 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R73	35 tahun	Laki-laki	4 tahun	9 jam	Tidak	Tidak

R74	24 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R75	31 tahun	Laki-laki	3 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R76	27 tahun	Laki-laki	6 tahun	10 jam	Ya	12 batang
R77	43 tahun	Laki-laki	8 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R78	40 tahun	Laki-laki	8 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R79	25 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R80	27 tahun	Laki-laki	4 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R81	33 tahun	Laki-laki	4,5 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R82	31 tahun	Laki-laki	3,5 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R83	29 tahun	Laki-laki	5,8 tahun	12 jam	Ya	6 batang
R84	50 tahun	Laki-laki	6 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R85	43 tahun	Laki-laki	7 tahun	12 jam	Tidak	Tidak
R86	35 tahun	Laki-laki	6 tahun	10 jam	Ya	12 batang
R87	37 tahun	Perempuan	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R88	25 tahun	Laki-laki	3 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R89	24 tahun	Perempuan	3 tahun	7 jam	Tidak	Tidak
R90	37 tahun	Laki-laki	6 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R91	45 tahun	Laki-laki	2 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R92	25 tahun	Laki-laki	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R93	40 tahun	Perempuan	4 tahun	9 jam	Tidak	Tidak
R94	32 tahun	Perempuan	3 tahun	8 jam	Tidak	Tidak
R95	25 tahun	Laki-laki	2 tahun	10 jam	Tidak	Tidak
R96	42 tahun	Perempuan	4 tahun	8 jam	Tidak	Tidak

B. DATA TOTAL GEJALA DAN POLUSI SUBJEK PENELITIAN

Subjek	Total Gejala	Lokasi Kerja	Kadar Polusi	Rentang ISPU	Kategori ISPU
R1	20	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R2	23	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R3	25	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R4	20	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R5	24	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R6	24	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R7	22	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R8	24	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R9	24	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R10	25	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R11	24	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R12	22	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik
R13	22	Deli Tua	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	48	Baik

R14	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R15	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R16	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R17	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R18	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R19	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R20	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R21	24	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R22	24	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R23	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R24	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R25	27	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R26	27	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R27	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R28	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R29	26	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R30	23	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R31	24	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R32	25	Deli Tua	15 µg/m ³	48	Baik
R33	43	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R34	48	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R35	47	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R36	40	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R37	49	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R38	45	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R39	41	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R40	40	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R41	50	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R42	45	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R43	44	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R44	45	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R45	47	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R46	41	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R47	41	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R48	42	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R49	50	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R50	54	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R51	48	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R52	52	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R53	47	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R54	50	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R55	50	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R56	48	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang
R57	49	Batangkuis	47 µg/m ³	90	Sedang

R58	48	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R59	49	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R60	48	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R61	49	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R62	48	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R63	52	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R64	48	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R65	47	Batangkuis	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	90	Sedang
R66	59	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R67	45	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R68	47	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R69	47	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R70	47	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R71	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R72	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R73	52	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R74	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R75	48	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R76	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R77	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R78	48	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R79	47	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R80	47	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R81	48	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R82	48	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R83	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R84	50	Tanjung	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang

		Morawa			
R85	50	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R86	54	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R87	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R88	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R89	48	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R90	53	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R91	49	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R92	54	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R93	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R94	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R95	51	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang
R96	52	Tanjung Morawa	52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	96	Sedang

Lampiran 7 Dokumentasi



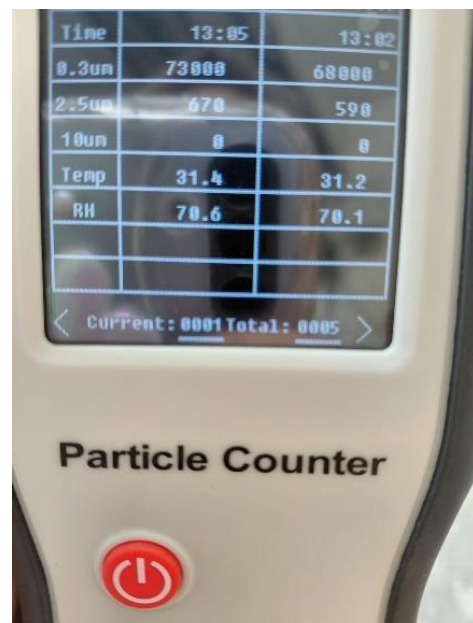
Penandatanganan *inform concent*



Pengukuran polusi udara menggunakan HTI HT-9600



Penandatanganan *inform concent*
Pemantauan pengisian kuesioner



Hasil pengukuran polusi udara
HTI HT-9600

e. 2022 – sekarang

: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UMSU

Lampiran 9 Artikel Publikasi

HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA JALAN RAYA DENGAN GEJALA ISPA PADA PENGEMUDI OJEK ONLINE DI KABUPATEN DELI SERDANG TAHUN 2025

Shafa Salsabila¹ Siti Mirhalina Hasibuan² Nurcahaya Sinaga² Fitri Nur Malini Siregar²

Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

shafasalsab145@gmail.com, sitimirhalina@gmail.com, sinaganurcahaya8@gmail.com, Fitrinurmalini@gmail.com

ABSTRAK

Pendahuluan: Polusi udara jalan raya merupakan salah satu faktor lingkungan yang berdampak terhadap kesehatan pernapasan, terutama pada kelompok pekerja yang sering terpapar di luar ruangan. Pengemudi ojek online termasuk kelompok rentan karena sebagian besar waktu kerjanya dihabiskan di jalan raya dan terpapar langsung emisi kendaraan bermotor, sehingga berisiko mengalami gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang. **Metode:** Penelitian ini menggunakan desain deskriptif analitik dengan rancangan potong lintang (*cross sectional*) terhadap 96 pengemudi ojek online yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi Spearman's rho. **Hasil:** Hasil uji Spearman's rho menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,769$ dengan nilai *Asymptotic Significance (2-tailed)* = 0,000 ($p < 0,001$), yang menandakan adanya hubungan yang bermakna dan sangat kuat antara paparan polusi udara dan gejala ISPA. **Kesimpulan:** Terdapat hubungan yang signifikan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

Kata Kunci: Gejala ISPA, Pengemudi ojek online, Polusi udara, PM2.5

ABSTRACT

Background: Road traffic air pollution adversely affects respiratory health, particularly among outdoor workers. Online motorcycle taxi drivers are a vulnerable group due to prolonged exposure to vehicle emissions during daily work activities, increasing the risk of Acute Respiratory Infection (ARI) symptoms. **Objective:** To determine the association between road traffic air pollution exposure and ARI symptoms among online motorcycle taxi drivers in Deli Serdang Regency. **Methods:** A descriptive analytic study with a cross-sectional design was conducted among 96 online motorcycle taxi drivers selected based on inclusion criteria. Data were analyzed using Spearman's rho correlation test. **Results:** Spearman's rho analysis showed a correlation coefficient of $r = 0.769$ with an Asymptotic Significance (2-tailed) value of 0.000 ($p < 0.001$), indicating a very strong and statistically significant association between air pollution exposure and ARI symptoms. **Conclusion:** There is a significant association between road traffic air pollution exposure and ARI symptoms among online motorcycle taxi drivers in Deli Serdang Regency.

Keywords: Air pollution, Online motorcycle taxi drivers, PM2.5, Respiratory infection symptoms

PENDAHULUAN

Kesehatan saluran pernapasan merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas hidup manusia. Udara sebagai salah satu sumber daya alam esensial dibutuhkan oleh seluruh makhluk hidup, namun kualitasnya semakin terancam akibat meningkatnya aktivitas manusia di berbagai sektor, seperti transportasi, industri, dan urbanisasi. Masuknya zat berbahaya ke dalam udara ambien dapat menurunkan kualitas lingkungan dan berdampak langsung terhadap kesehatan manusia, khususnya sistem pernapasan. Polusi udara didefinisikan sebagai keberadaan bahan pencemar dalam konsentrasi tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, baik dalam bentuk partikel padat, cair, maupun gas beracun.¹

Di Indonesia, pencemaran udara merupakan salah satu masalah lingkungan utama yang sebagian besar bersumber dari emisi kendaraan bermotor dan aktivitas industri. Paparan polusi udara jalan raya telah dikaitkan dengan meningkatnya risiko gangguan pernapasan, terutama pada kelompok masyarakat yang beraktivitas di luar ruangan. Pengemudi ojek online termasuk kelompok rentan karena sebagian

besar waktu kerjanya dihabiskan di jalan raya dan terpapar langsung gas buang kendaraan. Paparan jangka panjang terhadap polutan udara dapat menyebabkan iritasi saluran napas, penurunan fungsi paru, serta meningkatkan risiko terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA).²

Data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menunjukkan bahwa ISPA masih menjadi salah satu penyakit dengan prevalensi tertinggi secara nasional, dengan jumlah kasus mencapai 877.531 pada tahun 2023.³ Tingginya angka kejadian ISPA ini sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di berbagai wilayah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sumatera Utara tahun 2023, jumlah sepeda motor mencapai 6.658.953 unit, mobil penumpang sebanyak 813.329 unit, mobil truk 316.652 unit, dan bus sebanyak 9.191 unit.⁴ Peningkatan jumlah kendaraan tersebut berkontribusi terhadap pencemaran udara dan berdampak langsung pada kesehatan masyarakat, yang tercermin dari tingginya jumlah kasus ISPA di Provinsi Sumatera Utara, yaitu sebanyak 55.351 kasus. Selain itu, data menunjukkan bahwa kasus ISPA pada kelompok pekerjaan sebagai sopir atau

buruh mencapai sekitar 75.590 kasus, yang menegaskan tingginya risiko gangguan pernapasan pada pekerja sektor informal.⁵

Kabupaten Deli Serdang yang berbatasan langsung dengan Kota Medan turut terdampak oleh aktivitas transportasi perkotaan yang padat. Berdasarkan data Statistik Daerah Kabupaten Deli Serdang, ISPA merupakan penyakit dengan jumlah kasus tertinggi, yaitu sebanyak 65.940 kasus.⁶ Pemantauan kualitas udara secara real time melalui aplikasi IQAir menunjukkan bahwa wilayah Deli Serdang memiliki kadar partikulat halus $PM_{2.5}$ yang tinggi, berkisar antara 70–120 $\mu g/m^3$ pada bulan Juni 2025, yang tergolong tidak sehat bagi kelompok sensitif.⁷ Kondisi geografis Kabupaten Deli Serdang yang berdekatan dengan pusat aktivitas lalu lintas Kota Medan menjadikan wilayah ini strategis untuk penelitian mengenai dampak paparan polusi udara terhadap kesehatan pernapasan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lama paparan polusi udara berhubungan dengan penurunan fungsi paru pada pengemudi ojek online di Jakarta, dan temuan tersebut berpotensi relevan untuk konteks wilayah Deli Serdang.⁸ Namun demikian, data lokal yang secara khusus mengkaji hubungan paparan polusi udara jalan raya dengan

gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang masih terbatas.

Berdasarkan tingginya prevalensi ISPA, buruknya kualitas udara ambien, serta kerentanan pengemudi ojek online terhadap paparan polusi udara, peneliti tertarik untuk menganalisis hubungan paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan data lokal terkait peran paparan partikulat halus $PM_{2.5}$ sebagai faktor risiko gangguan pernapasan pada kelompok pekerja informal. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam upaya pencegahan dan pengendalian ISPA, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan di bidang kesehatan lingkungan kerja.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan rancangan potong lintang (*cross-sectional*) yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara paparan polusi udara jalan raya dengan gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada pengemudi ojek online. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Deli Serdang pada periode Agustus hingga Desember 2025. Rancangan *cross-sectional* dipilih karena pengukuran variabel paparan

dan outcome dilakukan secara bersamaan dalam satu waktu pengamatan, sehingga sesuai untuk menilai hubungan antarvariabel tanpa intervensi.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pengemudi ojek online yang aktif beroperasi di wilayah Kabupaten Deli Serdang. Penentuan jumlah sampel dilakukan menggunakan rumus Lemeshow dengan tingkat kepercayaan 95%, sehingga diperoleh jumlah sampel sebanyak 96 responden. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi pengemudi ojek online yang aktif bekerja dan bersedia menjadi responden, sedangkan kriteria eksklusi meliputi responden dengan riwayat penyakit paru kronik atau kondisi medis lain yang dapat memengaruhi gejala pernapasan.

Gejala ISPA dinilai menggunakan kuesioner *Breathing and Respiratory Health Symptoms Scale* versi adaptasi (BARSHSS-CV) yang telah disesuaikan dengan karakteristik responden. Penilaian paparan polusi udara dilakukan melalui pengukuran kualitas udara di lingkungan kerja responden menggunakan alat HTI HT-9600. Pengukuran dilakukan pada beberapa titik lokasi operasional pengemudi

ojek online untuk memperoleh gambaran paparan yang lebih representatif terhadap kondisi kerja sehari-hari.

Uji validitas instrumen dilakukan sebagai validasi internal untuk memastikan kuesioner BARSHSS-CV layak digunakan pada populasi penelitian. Uji validitas dilakukan menggunakan korelasi Spearman Rank dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ dan nilai r tabel sebesar 0,2006. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh 20 item pertanyaan memiliki nilai r hitung antara 0,364 hingga 0,920 dengan nilai signifikansi $< 0,05$, sehingga seluruh item dinyatakan valid. Uji reliabilitas instrumen dilakukan menggunakan metode Cronbach's Alpha dan diperoleh nilai sebesar 0,936, yang menunjukkan tingkat reliabilitas sangat tinggi dan memenuhi batas minimal reliabilitas penelitian.

Analisis data dilakukan secara bertahap. Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik responden serta distribusi variabel paparan polusi udara dan gejala ISPA. Selanjutnya, analisis bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara paparan polusi udara jalan raya dan gejala ISPA menggunakan uji korelasi Spearman Rank dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Seluruh proses pengolahan dan analisis data

dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik.

HASIL

Hasil penelitian disajikan secara sistematis dalam bentuk analisis univariat untuk menggambarkan karakteristik responden dan variabel penelitian, serta analisis bivariat untuk menilai hubungan antara paparan polusi udara dan gejala ISPA.

1.1 Karakteristik Subjek Penelitian

Berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin

Karakteristik	Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Usia	21-25	21	21,9
	26-30	29	30,2
	31-35	26	27,1
	>36	20	20,8
Jenis Kelamin	Laki-Laki	73	76
	Perempuan	23	24
Total		96	100

Berdasarkan tabel 1.1 menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada rentang usia 26–35 tahun. Berdasarkan jenis kelamin, mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki. Dengan demikian, dominasi responden dalam penelitian ini didominasi oleh

responden usia dewasa muda dengan jenis kelamin laki-laki.

1.2 Karakteristik Subjek Penelitian

Berdasarkan Tingkat paparan polusi udara (PM2.5) berdasarkan klasifikasi ISPU

Polusi Udara	Frekuensi	Persentase (%)
Baik	32	33,3
Sedang	64	66,7
Tidak Sehat	0	0
Total	96	100

Hasil tabel 1.2 menunjukkan bahwa kualitas udara pada lokasi penelitian berada pada kategori baik dan sedang, dengan mayoritas termasuk dalam kategori sedang serta tidak ditemukan kondisi polusi udara kategori tidak sehat.

1.3 Karakteristik Subjek Penelitian

Berdasarkan Tingkat keparahan gejala ISPA

Gejala ISPA	Frekuensi	Persentase (%)
Baik	44	45,8
Sedang	52	54,2
Buruk	0	0
Total	96	100

Berdasarkan hasil tabel 1.3 menunjukkan bahwa kondisi gejala ISPA pada responden berada pada kategori baik dan sedang, dengan mayoritas responden termasuk dalam kategori sedang serta tidak ditemukan responden dengan gejala ISPA kategori buruk. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum responden mengalami gejala ISPA pada tingkat ringan hingga sedang.

Tabel 1.4 Hasil Uji Korelasi *Spearman*

Polusi Udara	Gejala ISPA		Total	Nilai r	p-value
	Baik	Sedang			
Baik	32 (33,33%)	0 (0%)	32 (33,33%)	0,769	0,001
Sedang	12 (12,5%)	52 (54,17%)	64 (66,67%)		
Total	44 (45,83%)	52 (54,17%)	96 (100%)		

Berdasarkan Tabel 1.4 hasil uji korelasi Spearman menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$, yang berarti terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara polusi udara dan gejala ISPA pada responden. Nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,769$ menunjukkan hubungan yang sangat kuat

dengan arah hubungan positif, dimana peningkatan tingkat polusi udara diikuti oleh peningkatan kecenderungan terjadinya gejala ISPA. Namun demikian, mengingat desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional*, hasil penelitian ini tidak dapat menjelaskan hubungan sebab akibat antara kedua variabel tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan polusi udara, meskipun berada pada tingkat sedang, memiliki korelasi yang signifikan dengan munculnya gejala ISPA. Koefisien korelasi yang tinggi menandakan bahwa risiko munculnya gejala ISPA meningkat seiring dengan meningkatnya tingkat polusi udara. Hal ini konsisten dengan temuan sebelumnya bahwa PM2.5 dapat memicu iritasi saluran pernapasan dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, terutama pada individu yang sering terpapar atau memiliki kondisi kesehatan sensitif.

Selain itu, temuan ini juga menunjukkan pentingnya upaya mitigasi, seperti penggunaan masker, pengaturan aktivitas di luar ruangan, serta monitoring kualitas udara secara rutin. Meski tidak ada responden yang menunjukkan gejala berat, hasil penelitian tetap menekankan perlunya perhatian terhadap paparan polusi udara, karena efek jangka panjang terhadap

kesehatan pernapasan dapat terjadi seiring waktu.

PEMBAHASAN

Polusi udara merupakan salah satu faktor lingkungan yang memiliki peran penting terhadap terjadinya berbagai gangguan kesehatan, terutama gangguan pada sistem pernapasan. Paparan polutan udara dalam jangka pendek maupun jangka panjang dapat menyebabkan iritasi saluran napas, penurunan fungsi paru, serta meningkatkan risiko terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Polutan udara yang umum ditemukan di lingkungan perkotaan antara lain emisi kendaraan bermotor, debu jalanan, gas hasil pembakaran, serta partikulat halus seperti $PM_{2.5}$. Partikulat $PM_{2.5}$ memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga mampu bertahan lebih lama di udara dan mudah terhirup ke dalam saluran pernapasan bagian bawah. Kondisi ini menjadikan $PM_{2.5}$ sebagai salah satu polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan pernapasan manusia.

Pengemudi ojek online merupakan salah satu kelompok pekerja yang memiliki risiko tinggi terhadap paparan polusi udara. Aktivitas kerja yang dilakukan di luar ruangan, khususnya di jalan raya dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi, menyebabkan kelompok ini terpapar polutan secara terus-menerus selama jam

kerja. Paparan tersebut tidak hanya berasal dari kendaraan bermotor lain, tetapi juga dari debu jalanan dan asap hasil pembakaran bahan bakar. Paparan polusi udara yang berlangsung setiap hari dalam durasi yang lama dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan, termasuk ISPA. Oleh karena itu, pengemudi ojek online menjadi kelompok yang relevan untuk diteliti dalam kaitannya dengan dampak polusi udara terhadap kesehatan pernapasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara tingkat paparan polusi udara dan gejala ISPA pada pengemudi ojek online.

Responden dalam penelitian ini berada pada rentang usia dewasa produktif. Meskipun kelompok usia ini umumnya masih memiliki kondisi pernapasan yang relatif baik, paparan polusi udara tetap dapat memicu munculnya gejala ISPA. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa paparan polutan seperti $PM_{2.5}$ dan NO_2 dapat meningkatkan risiko ISPA pada orang dewasa, terlepas dari usia produktif yang dimiliki.^{9, 10}

Mayoritas responden dalam penelitian ini berjenis kelamin laki-laki, yang mencerminkan tingginya keterpaparan

terhadap polusi udara akibat aktivitas luar ruangan yang lebih intens. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan jenis kelamin dapat memengaruhi kerentanan terhadap gangguan pernapasan melalui faktor biologis maupun pola paparan sehari-hari. Namun demikian, baik laki-laki maupun perempuan tetap berisiko mengalami gejala ISPA apabila terpapar polusi udara secara terus-menerus, sehingga jenis kelamin dapat berkontribusi terhadap variasi gejala yang muncul.¹¹

Tingkat polusi udara yang dialami responden umumnya berada pada kategori baik hingga sedang, namun seluruh responden tetap terpapar polusi kendaraan bermotor selama bekerja. Kondisi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa paparan polutan seperti PM_{2.5} dan CO tetap dapat menimbulkan iritasi saluran napas meskipun kualitas udara tidak selalu dirasakan buruk oleh pekerja.¹²

Gejala ISPA pada responden sebagian besar berada pada kategori sedang. Kondisi ini dipengaruhi oleh paparan polusi udara serta perilaku penggunaan alat pelindung diri, khususnya masker, di mana pekerja jalan raya yang jarang menggunakan masker cenderung lebih sering mengalami

keluhan pernapasan akibat paparan langsung polutan.¹³

Hasil uji bivariat menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan bermakna secara statistik antara paparan polusi udara dan gejala ISPA. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya di wilayah perkotaan Indonesia yang menyatakan bahwa PM_{2.5} merupakan polutan utama yang berkontribusi terhadap peningkatan kejadian ISPA.¹⁴ Secara patofisiologis, PM_{2.5} dapat menembus hingga bronkiolus dan alveoli, memicu inflamasi, meningkatkan produksi mukus, serta mengganggu fungsi silia, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi saluran pernapasan.¹⁵

Pengemudi ojek online memiliki risiko tinggi terpapar polusi udara, khususnya PM_{2.5}, akibat aktivitas kerja yang dilakukan di tengah lalu lintas padat setiap hari. Paparan PM_{2.5} diketahui berperan signifikan dalam meningkatkan kejadian ISPA melalui mekanisme inflamasi saluran napas. Kondisi ini menjadikan pengemudi ojek online sebagai kelompok yang lebih rentan mengalami gejala pernapasan dibandingkan masyarakat umum. Oleh karena itu, upaya pencegahan seperti penggunaan alat pelindung diri, pengaturan jam kerja, serta pemantauan kualitas udara

menjadi penting untuk menurunkan risiko gangguan pernapasan pada kelompok ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hubungan paparan polusi udara dengan gejala Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang tahun 2025, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar lokasi operasional pengemudi ojek online berada pada tingkat paparan polusi udara kategori baik hingga sedang berdasarkan klasifikasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Selain itu, mayoritas responden mengalami gejala ISPA dengan tingkat keparahan baik hingga sedang berdasarkan skor kuesioner BARSHSS-CV. Hasil analisis juga menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara tingkat paparan polusi udara jalan raya dengan gejala ISPA pada pengemudi ojek online di Kabupaten Deli Serdang.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain longitudinal atau kohort agar hubungan sebab akibat antara paparan polusi udara dan gejala ISPA dapat dinilai dengan lebih jelas. Selain itu, pengukuran polusi udara yang lebih objektif dan spesifik, seperti kadar PM_{2.5}, serta perluasan jumlah sampel dan lokasi

penelitian, dianjurkan untuk memperkuat dan memperluas temuan penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada seluruh responden yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk berpartisipasi dalam penelitian ini. Tak lupa, penulis menghargai dukungan dari keluarga, teman-teman, serta pihak-pihak lain yang telah memberikan motivasi dan semangat selama proses penelitian ini berlangsung. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi peneliti lain selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Monica M, Suwarno ML, Hidayah AJ. Hubungan Lama Paparan Polusi Udara Dan Perilaku Merokok Terhadap Fungsi Paru Pada Driver Ojek Online. *JURNAL MUTIARA NERS*. 2021;4(1):31-39.
2. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. *Survei Kesehatan Indonesia*. 2023.
<https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/hasil-ski-2023/>
3. Badan Pusat Statistik. Provinsi Sumatera Utara Dalam Angka 2023. Published online 2023. 2023.
<https://medankota.bps.go.id/id>
4. Machmud S. Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang

- Kendaraan Bermotor. *Jurnal Mesin Nusantara*. 2021;4(1):21-29.
5. Leky, A. S., & Watimena E. Studi Kausalitas antara Polusi Udara dan Kejadian Penyakit Saluran Pernapasan di Kota Bogor. *Studi Kausalitas antara Polusi Udara dan Kejadian Penyakit Saluran Pernapasan di Kota Bogor*. Published online 2024.
 6. Deli BPSK. *Statistik Daerah Kabupaten Deli Serdang*. 2024.
 7. IQAir Indonesia. Kualitas Udara Di Daerah Tingkat I Sumatera Utara. IQAir. 2025.
<https://www.iqair.com/id/indonesia/north-sumatra>
 8. Ajeng PM Subagio. Hubungan Konsumsi Suplemen Mikronutrien Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) Pada Mahasiswa Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2020;2507(February):1-9.
 9. Huang JY, Feng W, Sang GX, McDonald S, He TF, Lin Y. Association between short - term exposure to ambient air pollutants and the risk of hospital visits for acute upper respiratory tract infections among adults : a time - series study in Ningbo ,. *BMC Public Health*. Published online 2024:1-12. doi:10.1186/s12889-024-19030-7
 10. Kaspersen KA, Antonsen S, Horsdal HT, et al. Exposure to air pollution and risk of respiratory tract infections in the adult Danish population d a nationwide study. *Clinical Microbiology and Infection*. 2024;30(1):122-129. doi:10.1016/j.cmi.2023.10.013
 11. Abbadi A, Beridze G, Tsoumani E, et al. Sex differences in the impact of lower respiratory tract infections on older adults' health trajectories: a population-based cohort study. *BMC Infect Dis*. 2024;24(1). doi:10.1186/s12879-024-10131-7
 12. Situmeang B, Napitupulu R, Ambu R, et al. PENGARUH TINGKAT POLUSI UDARA TERHADAP TINGKAT PENGIDAP PENYAKIT ISPA DI LINGKUP MASYARAKAT KRAMAT JATI. *Journal of Comprehensive Science*. 2023;2(12):1520-1539.
 13. Muhammad Thoifur Fajar. Studi Perbandingan Kualitas Udara di Kota Indonesia Terdampak Infeksi Saluran Pernapasan Akut. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. 2024;3(2):160-169. doi:10.55123/insologi.v3i2.3288
 14. Hartono B, Fitria L, B.M SAF. Tingkat Risiko Kesehatan Pajanan PM 2.5 Pada Masyarakat Di Sekitar Jalan Raya Daan Mogot Jakarta Barat Tahun 2023. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2025;24(2):177-185.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jkl/article/view/71052>
 15. Septiani F, Al Amini A, Arif J, Damanik D, Pasaribu GR, Al Azmi F. Dampak Polusi Lingkungan terhadap Kesehatan Masyarakat di Kawasan Perkotaan Indonesia. *Cendekia: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*. 2025;2(1):14-22.