

**HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA DENGAN WAKTU
TRANSPORTASI MUKOSILIAR HIDUNG**
Studi Observasional Analitik pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran
Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Skripsi

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai gelar Sarjana Kedokteran



Oleh:

Nurridha Rahmatina

30102100159

FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2025

SKRIPSI
HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA DENGAN WAKTU TRANSPORTASI
MUKOSILIAR HIDUNG
Studi Observasional Analitik pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Islam
Sultan Agung Semarang

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

Nurridha Rahmatina

30102100159

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 31 Januari 2025

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing I,



Dr. dr. Andriana T., M.Si.Med. Sp.THT-KL

Pembimbing II,



dr. Arini Dewi Antari, M.Biomed

Penguji I,



dr. Agung Sulistyanto, Sp.THT-KL

Penguji II,



Drs. Purwito Soegeng P., M.Kes

Semarang, 31 Januari 2025

Fakultas Kedokteran

Universitas Islam Sultan Agung

Dekan,



Dr. dr. H. Setyo Trisnadi, S.H., Sp.KF

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurridha Rahmatina

NIM : 30102100159

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul:

**“HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA DENGAN WAKTU TRANSPORTASI
MUKOSILIAR HIDUNG**

**Studi Observasional Analitik pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Islam
Sultan Agung Semarang”**

Adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan Tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 12 Januari 2025

Yang menyatakan,



Nurridha Rahmatina

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah hirabbil'amin, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**HUBUNGAN PAPARAN POLUSI UDARA DENGAN WAKTU TRANSPORTASI MUKOSILIAR HIDUNG (Studi Observasional Analitik pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang)**” dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Besar, Nabi Muhammad SAW., semoga kelak kita mendapat syafa'atnya di yaumul qiyamah, aamiin.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan jenjang pendidikan Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) Semarang. Penulis mendapat banyak bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. dr. H. Setyo Trisnadi, S.H., Sp.KF., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Dr. dr. Andriana Tjitria Widi Wardani Sardjana, M.Si.Med., Sp.THT-KL selaku dosen pembimbing 1 saya yang telah sabar membimbing dan mengarahkan penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.

3. dr. Arini Dewi Antari, M.Biomed selaku dosen pembimbing 2 saya yang telah sabar dan lembut membimbing dan mengarahkan penulis hingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
4. dr. Agung Sulistyanto, Sp.THT-KL dan Drs. Purwito Soegeng Prasetijono, M.Kes selaku dosen penguji yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberi masukan dan pengarahan kepada penulis.
5. Ibu Muslipah dan Bapak Hamli, orang tua penulis yang menjadi pilar utama dalam hidup penulis, selalu mengarahkan dan mendoakan penulis setiap hari.
6. Ka Azizah, ka Dayat, Ayra, Alden, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan nasehat, hiburan, warna, dan canda tawa di kehidupan penulis.
7. Teman baik penulis, Rihani, Erlesa, Sri, Lutfia, Vira, Khadijah, Kamilah, dan seluruh anak ALVOMETRIX yang selalu membersamai, membantu, dan menghibur penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat berterima kasih atas kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 12 Januari 2025

A handwritten signature in black ink, featuring a stylized 'N' and 'R' with a horizontal line crossing through them. The initials 'NR' are written to the right of the signature.

Nurridha Rahmatina

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.3.1. Tujuan Umum	3
1.3.2. Tujuan Khusus	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.4.1. Manfaat Teoritis	3
1.4.2. Manfaat Praktis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transportasi Mukosiliar (TMS)	5
2.1.1. Definisi Transportasi Mukosiliar (TMS)	5
2.1.2. Hidung.....	6
2.1.3. Faktor yang Mempengaruhi Transportasi Mukosiliar Hidung.....	9
2.1.4. Pemeriksaan Transportasi Mukosiliar Hidung.....	10
2.2. Paparan Polusi Udara	11
2.2.1. Definisi Paparan Polusi Udara	11
2.2.2. Sumber Polusi Udara	12

2.2.3. Penyebaran Polusi di Udara	13
2.2.4. Indikator Kualitas Paparan Polusi Udara	13
2.3. Hubungan Paparan Polusi Udara dengan Waktu Transportasi	
Mukosiliar Hidung.....	14
2.4. Kerangka Teori.....	16
2.5. Kerangka Konsep.....	16
2.6. Hipotesis.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Jenis Penelitian	17
3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	17
3.2.1. Variabel Penelitian.....	17
3.2.2. Definisi Operasional.....	17
3.3. Populasi dan Sampel	19
3.3.1. Populasi Penelitian.....	19
3.3.2. Sampel Penelitian.....	19
3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian	20
3.4.1. Instrumen Penelitian.....	20
3.4.2. Bahan Penelitian.....	20
3.5. Cara Penelitian.....	21
3.6. Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.6.1. Tempat Penelitian.....	22
3.6.2. Waktu Penelitian	22
3.7. Alur Penelitian.....	22
3.8. Analisis Hasil.....	23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Karakteristik responden	24
4.1.2 Indikator paparan polusi udara.....	25
4.1.3 Gambaran paparan polusi udara dan waktu transportasi	
mukosiliar hidung	26

4.1.4 Hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung.....	27
4.2 Pembahasan	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gerak Silia.....	8
Gambar 2.2. Kerangka Teori.....	16
Gambar 2.3. Kerangka Konsep	16
Gambar 3.3. Alur Penelitian	22



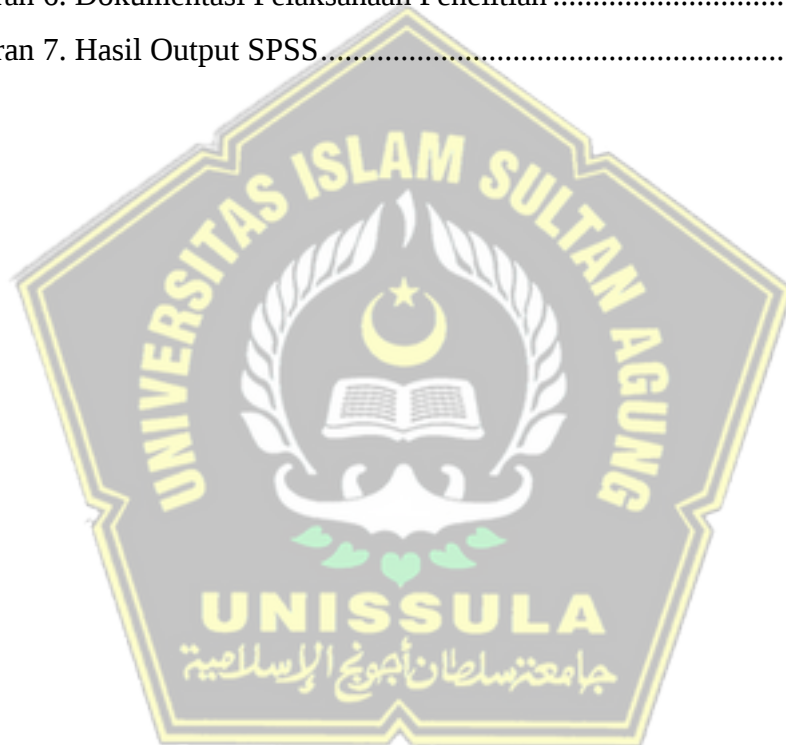
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skala Pencemaran Udara.....	13
Tabel 2.2	Skala Distribusi Lama Terpapar.....	14
Tabel 4.1	Karakteristik Responden	24
Tabel 4.2	Indikator Paparan Polusi Udara	25
Tabel 4.3	Gambaran Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung.....	27
Tabel 4.4	Hubungan Paparan Polusi Udara dengan Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung	27



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Ethical Clearance	40
Lampiran 2. Surat Ijin Penelitian	41
Lampiran 3. Konsentrasi Partikulat PM2.5 di Semarang.....	42
Lampiran 4. Indikator Kuesioner	43
Lampiran 5. Hasil Jawaban Kuesioner.....	44
Lampiran 6. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian	47
Lampiran 7. Hasil Output SPSS.....	48



DAFTAR SINGKATAN

AQI	: <i>Air Quality Index</i>
BMKG	: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
CC	: <i>Coefficient Contingency</i>
Hz	: Hertz
Ig	: Immunoglobulin
ISPA	: Infeksi Saluran Pernapasan Akut
ISPU	: Indeks Standar Pencemaran Udara
NO2	: Nitrogen Dioksida
PCL	: <i>Periciliary Layer</i>
SPBU	: Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum
TMS	: Transportasi Mukosiliar
WHO	: World Health Organization



INTISARI

Paparan polusi udara dapat berpengaruh terhadap kesehatan hidung seperti terjadinya perubahan pada waktu transportasi mukosiliar hidung. Sistem transportasi mukosiliar (TMS) hidung merupakan mekanisme pertahanan dalam pernapasan dengan cara membersihkan dan menyaring partikel yang masuk ke dalam rongga hidung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adakah hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung.

Jenis penelitian ini adalah observasional analitik dengan rancangan penelitian *cross sectional*. Subjek penelitian adalah mahasiswa Fakultas Kedokteran Unissula yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Metode penelitian dilakukan dengan cara penyebaran kuesioner yang kemudian diperiksa nasoendoskopi dan uji sakarin untuk menghitung waktu transportasi mukosiliar hidung.

Analisis data menggunakan uji korelasi koefisien menunjukkan $p=0,475$ ($p>0,05$) yang menunjukkan korelasi positif dengan kekuatan korelasi yang lemah antara polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula dan nilai CC yang didapat sebesar 0,100 yang menunjukkan hubungan sangat lemah.

Kata kunci: paparan polusi udara, waktu transportasi mukosiliar, mahasiswa FK.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Universitas Islam Sultan Agung (Unissula) terletak di Jalan Raya Kaligawe yang termasuk dalam kelompok lalu lintas padat kendaraan di Kota Semarang. Salah satu yang berperan adalah para mahasiswa yang menggunakan kendaraan melewati jalan tersebut. Akibat dari padatnya lalu lintas kendaraan tersebut menyebabkan peningkatan pada polusi udara. Kualitas udara di Kota Semarang telah mencapai kategori *moderate*, sebuah keadaan yang apabila terus-menerus terpapar dalam jangka panjang akan menyebabkan gangguan pada sistem transportasi mukosiliar (TMS) hidung yang bekerja secara tidak optimal (Ayuningtyas & Pigawati, 2018; Ertiana, 2022). Sistem TMS yang terganggu dan gagal dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti rinosinusitis kronik, asma, bronkitis, penurunan kapasitas vital paru, hingga yang paling parah adalah kematian (Sofyan & Tami, 2017; Umah & Gusmira, 2024).

Pada tahun 2023, kualitas udara di Semarang menempati posisi ke-10 sebagai kota dengan polusi udara terburuk di Indonesia, hal ini menjadi serius karena dapat terus meningkat apabila tidak dikendalikan dengan baik. Sedangkan dalam cakupan yang lebih luas, Indonesia menempati peringkat pertama sebagai negara dengan polusi udara terburuk di Asia Tenggara dan ke-17 di dunia dengan kasus kematian mencapai 146 penduduk per tahun 2019 (Khusna dkk, 2023). World Health Organization (WHO) mencatat

sebanyak 4,2 juta kematian dini di dunia per tahun 2019 yang disebabkan oleh polusi udara, 89% terjadi di negara berpendapatan rendah dan menengah, jumlah terbesarnya ada di Asia Tenggara. Hal ini sangat membuktikan bahwa dampak yang disebabkan oleh pencemaran udara sangat buruk hingga dapat menyebabkan kematian dini (World Health Organization, 2022).

Proses yang terjadi dapat dimulai saat polusi udara yang terinhalasi akan disambut oleh sistem transportasi mukosiliar (TMS) hidung. TMS akan membentuk sapuan gelombang untuk mengusir berbagai benda asing pada polusi udara seperti debu, partikel kecil, gas polutan, dan mikroorganisme yang masuk ke dalam hidung. Jika pergerakannya terhambat, TMS akan membutuhkan banyak waktu dan dapat terjadi kegagalan proses evakuasi. Ketika gagal disaring, benda asing akan berhasil melewati mekanisme penyaringan hingga mencapai jaringan paru-paru. Gejala yang ditimbulkan dapat berupa hidung tersumbat, hidung berair (*rhinorrhea*), sesak napas, mata merah, dan sakit kepala. Gangguan konsentrasi juga dapat terjadi sehingga menghambat mahasiswa untuk menuntut ilmu (Rizaldi dkk, 2022; Santos dkk, 2021).

Dari uraian di atas, penelitian ini diperlukan guna mengetahui apakah terdapat hubungan antara paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada subjek yang terkena paparan polusi udara, yaitu mahasiswa Fakultas Kedokteran Unissula Semarang.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula.

1.3.2. Tujuan Khusus

1.3.2.1. Mengetahui kategori risiko paparan polusi udara berdasarkan aktivitas sehari-hari mahasiswa FK Unissula.

1.3.2.2. Mengetahui rerata waktu transportasi mukosiliar hidung mahasiswa FK Unissula.

1.3.2.3. Mengetahui kekuatan hubungan paparan polusi udara berdasarkan aktivitas sehari-hari dan waktu transportasi mukosiliar hidung mahasiswa FK Unissula.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Data yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan teori maupun bahan informasi untuk penelitian bidang Telinga, Hidung, dan Tenggorokan selanjutnya.

1.4.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat tentang bahaya terpapar polusi udara bagi sistem pernapasan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Transportasi Mukosiliar (TMS)

2.1.1. Definisi Transportasi Mukosiliar (TMS)

Transportasi mukosiliar (TMS) adalah sebuah mekanisme penting pada hidung yang bekerja sebagai sistem pertahanan dalam pernapasan. Transportasi mukosiliar bekerja sebagai penerima tamu dengan cara membersihkan dan menyaring semua partikel yang masuk agar tidak terjadi infeksi dalam rongga hidung (Faully Zeindkk, 2015). Hidung secara fisiologis berperan penting dalam menyaring udara yang masuk ke dalam paru-paru menggunakan mekanisme yang dilakukan oleh lapisan silia hidung melalui aparatus mukosilia, fungsinya adalah sebagai pembersih udara yang berasal dari bakteri, debu, virus, maupun mikroorganisme lain yang ikut masuk. Partikel yang tertangkap oleh lapisan silia ini akan didistribusikan ke nasofaring dan orofaring untuk kemudian ditelan atau dikeluarkan melalui batuk. Selain itu, proses ini juga membantu menjaga kelembapan permukaan mukosa dengan sekresi dari kelenjar lendir yang penting untuk menjaga fisiologi hidung agar tetap normal, sistem ini dikenal sebagai transportasi mukosiliar (TMS) hidung. Reduksi atau pengurangan daya transportasi mukosiliar hidung dapat terjadi jika ada perubahan dalam komposisi lendir, obstruksi anatomi, perubahan histopatologi hidung,

peningkatan sel infeksi, dan aktivitas silia yang terganggu (Lestari dkk, 2024; Sanna dkk, 2019).

2.1.2. Hidung

Hidung dimulai dari nares anterior hingga koana, pada bagian tengahnya terbagi dua oleh septum nasi. Setiap kavum nasi memiliki dinding medial, lateral, dasar, dan atap. Ada tiga pasang konka pada dinding lateral bagian dalam, yaitu konka superior berasal dari tulang etmoid, konka media, dan konka inferior berasal dari tulang maksila. Vaskularisasinya berasal dari arteri karotis eksterna dan interna yang mengisi peredaran darah ke dinding hidung lateral dan septum (Putra & Pradiptha, 2017). Hidung memiliki banyak fungsi beragam mulai dari jalan nafas yang kuat ke arah traktus respiratorius bawah, penyaring partikel pada udara yang terhirup, indra penghidu untuk mencium berbagai macam bau, dan pengatur kelembapan udara di hidung. Terdapat sistem pembuluh darah kompleks yang terdiri dari kelompok vaskular dengan fungsi penting seperti membawa darah, melembapkan udara, dan menghangatkan udara (Soesilawati Pratiwi, 2020; Tobing, 2022).

Berdasarkan gambaran histologi, terdapat beberapa epitel respiratorik pada hidung, yaitu sel goblet yang berfungsi untuk menahan partikel asing masuk ke pernapasan, sel brush yang berfungsi untuk transduksi sinyal, dan sel basal yang bertugas

sebagai sel progenitor penyokong epitel lainnya (Soesilawati Pratiwi, 2020).

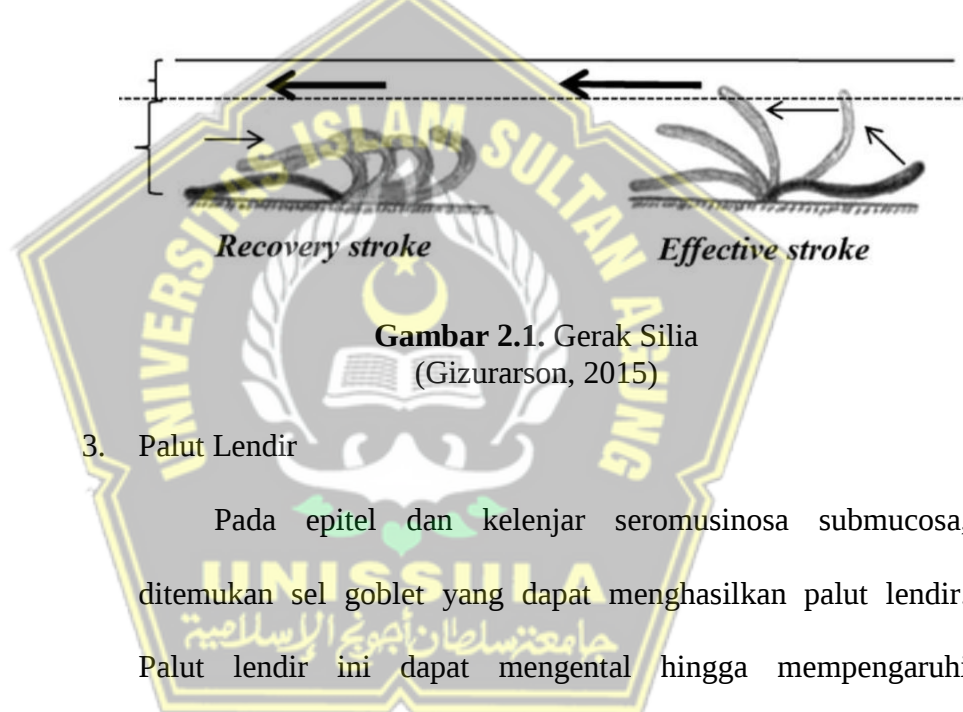
1. Struktur Silia

Silia terbagi menjadi dua jenis, yaitu silia bergerak (*motile cilia*) dan silia diam (*non-motile cilia*). *Motile cilia* dapat bergerak dalam *periciliary layer* (PCL) dengan kecepatan sekitar 15 hertz (Hz), sedangkan *non-motile cilia* tidak memiliki kemampuan bergerak. Silia memiliki struktur silinder dengan panjang $\pm 7 \mu\text{m}$ dan diameter $\pm 200 \text{ nm}$. Dalam saluran pernapasan cenderung lebih panjang dan lebih rapat jaraknya, jumlah silia biasanya mencapai $109/\text{cm}^2$ dan melekat pada sel kolumnar bersilia, dimana setiap selnya memiliki sekitar 200 silia dengan kerapatan $8 \text{ silia}/\mu\text{m}^2$. Jarak antar silia pada sel yang sama sekitar 200 nm . Struktur silia terbagi menjadi enam bagian, termasuk puncak silia, membran silia, aksonema, matriks di antara membran dan aksonema, zona transisi, dan korpus basal (Paramita & Juniati, 2016).

2. Gerak Silia

Gerak pada silia disebut sebagai *ciliary beat cycle* atau denyut silia yang dikendalikan oleh sinyal biokimia. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi frekuensi pergerakan dan denyut silia antara lain adalah farmakologi, fisik (suhu tubuh, aliran udara, dan kelembaban), mikrobakteri, polusi

udara, dan gangguan pernapasan (Cao dkk, 2020). Gerak silia terbagi menjadi dua komponen pergerakan yaitu *effective stroke* dan *recovery stroke* yang bergerak simetris dan searah dalam pengangkutan lendir. Selama *effective stroke*, silia tegak lurus dan menghasilkan ayunan untuk mendorong lendir ke depan menuju *recovery stroke* dan siklus ini terjadi secara berulang (Gizurarson, 2015; Jing dkk, 2017).



Gambar 2.1. Gerak Silia
(Gizurarson, 2015)

3. Palut Lendir

Pada epitel dan kelenjar seromusinos submucosa, ditemukan sel goblet yang dapat menghasilkan palut lendir. Palut lendir ini dapat mengental hingga mempengaruhi keefektivitasan sistem pada transportasi mukosiliar hidung. Pada bagian permukaan palut lendir ditemukan mukus yang bersifat elastis dan mengandung protein plasma seperti Immunoglobulin G (IgG), Immunoglobulin M (IgM), albumin, dan faktor komplemen. Sedangkan bagian atasnya ditemukan cairan serosa yang mengandung Immunoglobulin A (IgA), sekretorik

Imunoglobulin A (s-IgA), lisozim, inhibitor lekoprotease sekretorik, dan laktoferin (Tobing, 2022).

2.1.3. Faktor yang Mempengaruhi Transportasi Mukosiliar Hidung

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi TMS yaitu:

1. Anatomi rongga hidung

Anatomi berperan aktif dalam mempengaruhi proses transportasi mukosiliar, karena memberikan bentuk kemiringan ke bawah menuju faring, sehingga mendukung pergerakan silia menuju ke arah dalam (Gizurason, 2015).

2. Udara ruangan

Di ruangan, terdapat polusi yang berasal dari aktivitas memasak maupun merokok. Saat bernapas, sebagian besar pertukaran gas, suhu dan kelembapan antar udara terjadi di hidung sehingga ketika terpapar aliran udara ruangan dengan suhu tinggi maupun rendah, ditemukan adanya perubahan kecil pada transportasi mukosiliar yang melambat dalam beberapa detik (Kelly dkk, 2021; Revanolin & Dirgawati, 2021).

3. Mikroorganisme

Mikroorganisme yang umum mempengaruhi adalah bakteri, virus, parasit, dan jamur. Mikroorganisme ini akan bertransmisi lalu menginfeksi sistem pernapasan hingga menyebabkan munculnya penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Yola dkk, 2022).

4. Penyakit rinosinusitis kronik

Pada pengidap penyakit rinosinusitis kronik, terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi TMS antara lain adalah usia dan jenis kelamin. Mayoritasnya ada pada usia 17-25 tahun yang merupakan usia produktif dalam melakukan aktivitas sehingga sering terpapar berbagai polutan dan menimbulkan penyakit. Rerata waktu untuk laju transportasi mukosiliar pada pengidap rinosinusitis kronis adalah sekitar 16-30 menit, hal ini membuktikan bahwa penyakit cukup turut andil dalam menghambat transportasi mukosiliar. Faktor lain yang ikut berpengaruh adalah jenis kelamin, pada wanita ditemukan risiko tinggi terinfeksi penyakit karena memiliki ukuran anatomi ostium sinus yang kecil dibanding laki-laki (Lestari dkk, 2024).

5. Farmakologi

Farmakologi yang dapat mempengaruhi transportasi mukosiliar hidung adalah obat-obatan intranasal seperti golongan kortikosteroid dan dekonjestan. Semuanya tergantung apakah obat intranasal dapat memperlambat, mempercepat, atau menghalangi laju transportasi mukosiliar (Jiao & Zhang, 2019).

2.1.4. Pemeriksaan Transportasi Mukosiliar Hidung

Tes yang sering dilakukan untuk pemeriksaan waktu transportasi mukosiliar hidung di klinik dan penelitian-penelitian lain adalah uji sakarin. Sakarin adalah sebuah pemanis buatan yang

dapat dijadikan sebagai bahan ukur dan merupakan metode yang sangat ekonomis, tidak invasif, mudah, murah, dan aman. Tes ini hanya membutuhkan *stopwatch* dan granula sakarin dengan diameter sekitar 0,5-1 mm dengan berat 5 mg yang kemudian ditempatkan pada rongga hidung di bawah medial konka inferior dan 1,5 cm dari tepi nares anterior atau 1 cm dari anterior konka inferior. Waktu yang dihitung menggunakan *stopwatch* adalah saat sakarin mulai diletakkan sampai subjek merasakan manis pertama kali dan pada orang dewasa normal, waktu yang dibutuhkan sekitar 0-20 menit. Namun, jika dalam waktu 60 menit subjek belum merasa manis, pemeriksaan akan dihentikan (Deta & Yendri, 2023; Sanna dkk, 2019).

2.2. Paparan Polusi Udara

2.2.1. Definisi Paparan Polusi Udara

Paparan polusi udara merupakan sebuah keadaan ketika seorang individu terpapar atau terkontaminasi lingkungan dari hasil pembuangan kegiatan manusia dalam kehidupannya, seperti aktivitas transportasi dan industri. Semakin meningkatnya penggunaan alat transportasi, produksi polusi udara akan semakin banyak. Hal ini berkorelasi dengan peningkatan jumlah manusia yang mengalami gangguan pernapasan (Buana & Dwi, 2022; Rosyidah, 2016). Tingginya tingkat polusi akan menyebabkan udara menjadi tercemar dan memburuk. Pencemaran udara dapat berasal dari zat-zat polutan

seperti karbon monoksida, karbon dioksida, partikular PM^{10} , hidrokarbon, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan timbal. Dampak yang dapat ditimbulkan berupa gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan, gangguan penciuman hiposmia, anosmia, dan hiperosmia. Hiposmia adalah gangguan yang menyebabkan hilangnya sebagian kemampuan hidung dalam mendeteksi bau. Anosmia adalah gangguan yang menyebabkan hilangnya kemampuan hidung dalam mendeteksi bau. Hiperosmia adalah gangguan peningkatan kemampuan hidung dalam mendeteksi bau (Abidin & Hasibuan, 2019; Nanadiwardhana dkk, 2018).

2.2.2. Sumber Polusi Udara

Sumber polusi udara terbesar berasal dari perkotaan yang padat penduduk, hal ini mengakibatkan banyaknya penggunaan alat transportasi seperti kendaraan bermotor yang mengeluarkan gas polutan dari knalpotnya. Perkotaan juga mengalami kemajuan teknologi yang berakibat meningkatnya jumlah pabrik industri dan pembangkit listrik. Sedangkan sumber lain penghasil polusi udara dapat berasal dari alam, seperti bau yang dikeluarkan oleh proses pembusukan sampah organik dan gas vulkanik yang keluar dari gunung berapi (Abidin & Hasibuan, 2019; Hakim dkk, 2017; Pranata dkk, 2021).

2.2.3. Penyebaran Polusi di Udara

Keadaan lingkungan menjadi faktor terpenting dalam penyebaran polusi di udara, pasalnya, pada perkotaan yang memiliki lalu lintas padat kendaraan akan meningkatkan pengeluaran polutan melalui tiap-tiap knalpotnya. Sejalan dengan adanya faktor aktivitas manusia (antropogenik) di lingkungan yang ikut berpengaruh dalam peningkatan polusi. Faktor antropogenik yang berperan adalah penggunaan kendaraan bermotor, pembangunan gedung-gedung tinggi, dan banyaknya perdagangan. Terdapat media perantara yang membantu penyebaran polusi di udara, antara lain adalah unsur cuaca seperti intensitas penyinaran matahari, suhu udara, hujan, angin, dan kelembapan udara (Andriani & Adriat, 2019; Cahyono, 2016).

2.2.4. Indikator Kualitas Paparan Polusi Udara

Indikator pengukuran kualitas polusi udara untuk suatu daerah dapat diklasifikasikan dalam skala Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) sebagai berikut :

Tabel 2.1 Skala Pencemaran Udara

ISPU	Level Pencemaran Udara
0 – 50	Baik
51 – 100	Sedang
101 – 199	Tidak Sehat
200 – 299	Sangat Tidak Sehat
>300	Berbahaya

Sumber : (Nugroho dkk, 2023)

Sedangkan indikator pengukuran pada manusia dapat diklasifikasikan dalam ukuran waktu (jam) lamanya terpapar :

Tabel 2.2 Skala Distribusi Lama Terpapar

Jam/Hari	Kategori
≤ 8	Tidak Lama
> 8	Lama

Sumber : (Lagu dkk, 2010)

2.3. Hubungan Paparan Polusi Udara dengan Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung

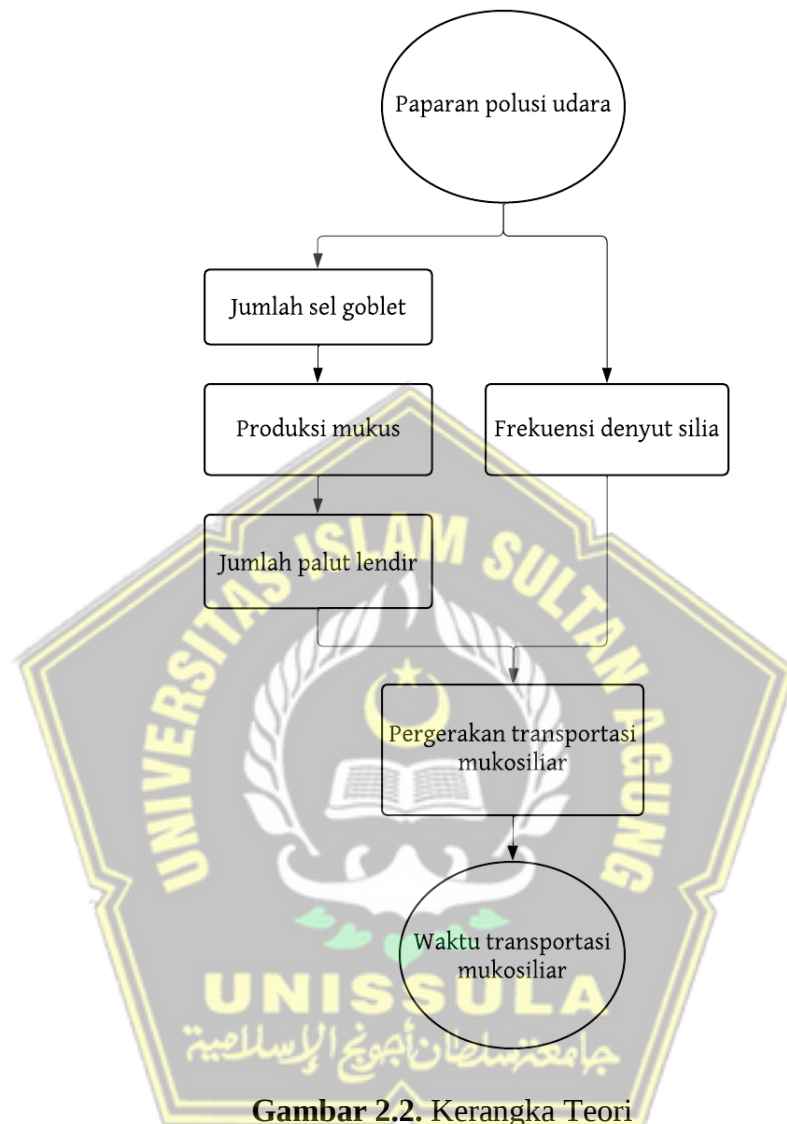
Sebuah hasil pembuangan yang berasal dari aktivitas manusia dalam kehidupannya dapat berupa polusi udara, yaitu pencemaran yang keluar dari kendaraan bermotor, pabrik industri, dan pembakaran sampah. Sumber polusi udara juga dapat berasal dari alam, seperti debu letusan gunung berapi dan asap dari pembakaran hutan (Ertiana, 2022). Polusi udara mengandung debu dan berbagai macam polutan, apabila terpapar dan terinhalasi dalam jangka panjang akan menimbulkan masalah pada pernapasan seperti iritasi (Hidayat, 2023). Sebuah mekanisme yang dilakukan oleh hidung untuk mengusir benda asing yang masuk dan mengganggu dapat disebut sebagai proses transportasi mukosiliar (TMS) hidung. Normalnya, proses ini memakan waktu selama 0-20 menit dan akan melambat apabila terjadi gangguan (Faully Zein dkk, 2015).

Paparan polusi udara yang terhirup akan berpenetrasi menuju sel-sel penyusun transportasi mukosiliar (TMS) hidung, kemudian mempengaruhi dua hal, yaitu mengganggu frekuensi denyut silia dan merubah jumlah sel

goblet penghasil palut lendir. Pada permukaan palut lendir, ditemukan mukus yang bersifat elastis, sehingga pada saat perubahan jumlah sel goblet, mukus yang berada di palut lendir akan terinhibisi hingga menyebabkan palut lendir menjadi kental. Pengentalan ini dapat mempengaruhi pergerakan transportasi mukosiliar hingga mengganggu waktu pergerakannya (Ertiana, 2022; Gizurason, 2015).

Sebuah penelitian yang menjadi bahan rujukan adalah dari Brant dkk, pada tahun 2014, penelitian ini dilakukan pada 25 pengendara sepeda motor di wilayah perkotaan yang terpapar polutan Nitrogen Dioksida (NO₂) cukup tinggi. Para pengendara ini berusia 18-44 tahun, bekerja selama 8-12 jam per hari dan 5 hari dalam seminggu. Hasilnya, terdapat pemanjangan waktu transportasi mukosiliar (TMS) hidung pada 8 subjek pengendara. Pemanjangan ini diasumsikan akibat dari tingginya konsentrasi NO₂ pada wilayah tersebut. Penelitian lain juga dilakukan oleh Fauillya Zein dkk, pada tahun 2015 yang membandingkan waktu transportasi mukosiliar hidung pada pekerja industri penyamakan kulit dan non-pekerja. Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok pekerja memiliki waktu TMS yang lebih lama dibandingkan kelompok non-pekerja, selisihnya mencapai 5,44 menit.

2.4. Kerangka Teori



Gambar 2.2. Kerangka Teori

2.5. Kerangka Konsep



Gambar 2.3. Kerangka Konsep

2.6. Hipotesis

Paparan polusi udara memiliki hubungan terhadap waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan menggunakan rancangan potong lintang atau *cross sectional*. Pada penelitian ini akan melihat hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3.2. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

3.2.1. Variabel Penelitian

3.2.1.1. Variabel Bebas

Paparan Polusi Udara.

3.2.1.2. Variabel Terikat

Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung.

3.2.2. Definisi Operasional

3.2.2.1. Paparan Polusi Udara

Paparan polusi udara diukur menggunakan kuesioner berisi 11 pertanyaan/indikator terkait risiko terpapar polusi udara saat beraktivitas sehari-hari. Pembagian kuesioner dilakukan sendiri oleh peneliti dengan cara mengirimkan link *google form* ke responden. Pertanyaan yang mengarah pada risiko terpapar polusi udara diberi skor 1 untuk

jawaban “ya” dan skor 0 untuk jawaban “tidak”, sebaliknya untuk pertanyaan yang cenderung bersifat protektif terhadap paparan polusi udara diberi skor 0 untuk jawaban “ya” dan skor 1 untuk jawaban “tidak”. Total skor yang didapat berkisar antara 0-11 yang berikutnya dibedakan sebagai (DeCoster et al., 2011):

- Risiko rendah terpapar polusi udara: skor 0-5
- Risiko tinggi terpapar polusi udara: skor 6-11

Skala: nominal

3.2.2.2. Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung

Waktu yang diperlukan dalam pembersihan mukosiliar hidung diukur dengan menggunakan uji sakarin yang dilakukan oleh peneliti. Granula sakarin diletakkan pada salah satu rongga hidung dan dinyatakan dalam satuan menit dan detik menggunakan alat *stopwatch* yang dimulai saat meletakkan sakarin di rongga hidung, yang kemudian dibedakan atas (Caponnetto et al., 2024):

- Normal (0-20 menit)
- Tidak normal atau mengalami disfungsi (>20 menit)

Skala: nominal

3.3. Populasi dan Sampel

3.3.1. Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung dengan kriteria inklusi sebagai berikut:

1. Mahasiswa aktif Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung angkatan 2021
2. Mengisi kuesioner dengan lengkap
3. Bersedia menjadi subjek penelitian

Kriteria eksklusi sebagai berikut:

1. Memiliki penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) dan rinosinusitis kronik
2. Sedang mengonsumsi obat golongan kortikosteroid dan dekongestan

3.3.2. Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini dipilih melalui teknik *non-probability sampling* dengan jenis *purposive sampling* yang sebelumnya sudah dilakukan pemilihan kriteria inklusi dan eksklusi melalui kuesioner. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada penelitian akan dihitung menggunakan rumus :

$$n = \left\{ \frac{Z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln \frac{1+r}{1-r}} \right\}^2 + 3$$

Keterangan:

n : Jumlah sampel

$Z\alpha$: Deviat baku alpha (1,64)

$Z\beta$: Deviat baku beta (1,28)

α : Kesalahan tipe I

β : Kesalahan tipe II

$\ln$: Logaritma natural

R : Koefisien korelasi minimal yang dianggap valid (0,4)

Perhitungan jumlah sampel :

$$n = \left\{ \frac{Z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln \frac{1+r}{1-r}} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{1,64 + 1,28}{0,5 \ln \frac{1+0,4}{1-0,4}} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{2,92}{0,5 \ln \frac{1,4}{0,6}} \right\}^2 + 3$$

$$n = 50,506 \rightarrow \text{digenapkan menjadi } 51$$

Jadi, sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 51 orang.

3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian

3.4.1. Instrumen Penelitian

Endoskopi, pinset bayonet, *stopwatch*, kursi pemeriksaan

3.4.2. Bahan Penelitian

Sakarin padat (pemanis buatan) dengan diameter 0,5-1 mm

3.5. Cara Penelitian

1. Menentukan subjek penelitian yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi melalui sebaran kuesioner.
2. Mengumpulkan subjek yang bersedia ikut berpartisipasi dalam penelitian.
3. Memberikan *informed consent* kepada subjek dan menjelaskan alur serta prosedur pemeriksaan agar subjek memahami dan mengikuti instruksi dari pemeriksa.
4. Meminta pasien duduk tegak dengan kepala difleksikan 10°.
5. Melakukan pemeriksaan rinoskopi anterior menggunakan *vienna nasal speculum* yang dimasukkan ke dalam rongga hidung untuk menilai keadaan di dalamnya.
6. Menempatkan beberapa granula sakarin sejauh 1,5 cm dari tepi nares anterior dengan menggunakan pinset yang sudah ditandai 1,5 cm mulai dari tepi nares anterior.
7. Menghitung waktu dari mulai diletakkannya granula sakarin sampai subjek merasakan manis pertama kali, ini menandakan sakarin sudah sampai di pangkal lidah dan proses transportasi mukosiliar sudah selesai.
8. Subjek diinstruksikan untuk bernapas biasa saja, tidak berbicara, batuk, bersin, maupun berpindah posisi selama proses pemeriksaan agar membantu pemeriksaan berjalan dengan lancar tanpa ada hambatan dari faktor lain.

3.6. Tempat dan Waktu Penelitian

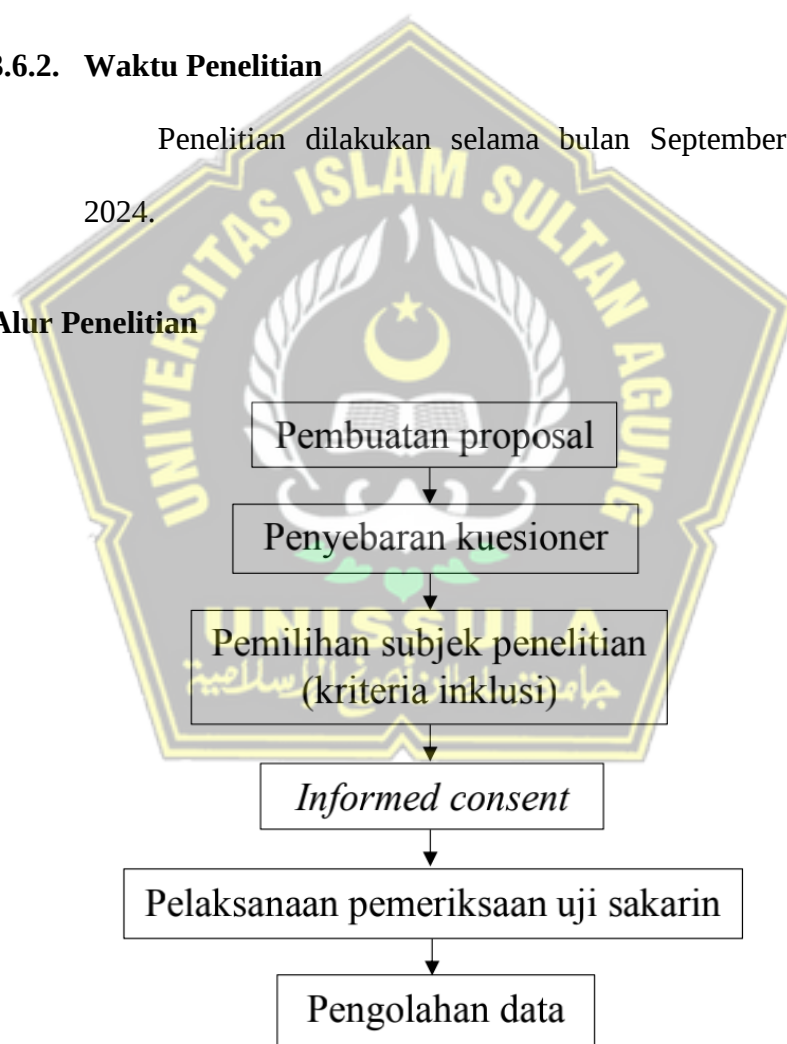
3.6.1. Tempat Penelitian

Kuesioner dibagikan melalui link *google form* sebelum pemilihan kriteria inklusi yang akan berpartisipasi dalam pemeriksaan, sedangkan uji sakarin dilakukan di ruang poli THT Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

3.6.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama bulan September – Desember 2024.

3.7. Alur Penelitian



Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.8. Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan setelah data terkumpul. Seluruh data diuji statistik menggunakan program SPSS (*Statistical Package for Social Science*) versi 29. Uji statistik yang dilakukan adalah statistik deskriptif untuk mengkategorikan paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar hidung, kemudian dilanjutkan dengan statistik korelasi koefisien kontingensi untuk melihat hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung. Keeratan hubungan antara kedua variabel dilihat dari nilai *coefficient contingency* (CC).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian mengenai hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung ini melibatkan 51 mahasiswa angkatan 2021 Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 dengan menggunakan instrumen kuesioner yang disebar melalui *google form* secara online, lalu dilanjutkan pemeriksaan transportasi mukosiliar hidung oleh dr. Andriana Sp. THT di ruang poli THT Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang.

4.1.1 Karakteristik responden

Deskripsi karakteristik responden ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Karakteristik Responden

Karakteristik responden	n (%)
Jenis kelamin	
Laki-laki	7 (13,7)
Perempuan	44 (86,3)
Usia	
20 tahun	3 (5,9)
21 tahun	33 (64,7)
22 tahun	14 (27,5)
23 tahun	1 (2,0)

Responden penelitian ini terdiri atas mahasiswa perempuan sebanyak 86,3% dan sebagian besar berusia 21 tahun (64,7%).

4.1.2 Indikator paparan polusi udara

Indikator paparan polusi udara diperoleh dari 11 pertanyaan dan didapatkan hasil yang sesuai pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Indikator Paparan Polusi Udara

Indikator paparan polusi udara	n (%)
Lama paparan polusi udara pada aktivitas sehari-hari	
Tidak lama	24 (47,1)
Lama	27 (52,9)
Kebiasaan merokok setiap hari	
Tidak	51 (100,0)
Ya	0 (0,0)
Terpapar asap rokok dari lingkungan	
Tidak	23 (45,1)
Ya	28 (54,9)
Lokasi terpapar asap rokok	
Luar ruangan	47 (92,2)
Dalam ruangan	4 (7,8)
Intensitas terpapar asap rokok	
Jarang	42 (82,4)
Sering	9 (17,6)
Memasak menggunakan kompor gas	
Ya	24 (47,1)
Tidak	27 (52,9)
Memasak menggunakan kayu bakar	
Tidak	51 (100,0)
Ya	0 (0,0)
Jenis kendaraan untuk aktivitas sehari-hari	
Mobil	21 (41,2)
Motor	30 (58,8)
Penggunaan masker saat di luar ruangan	
Ya	10 (19,6)
Tidak	41 (80,4)
Penggunaan masker saat di perjalanan	
Ya	20 (39,2)
Tidak	31 (60,8)
Riwayat cuci hidung	
Ya	9 (17,6)
Tidak	42 (82,4)

Berdasarkan tabel indikator paparan polusi udara didapatkan bahwa jumlah terpapar polusi udara dalam durasi lama (> 8 jam/hari) sebanyak 27 responden (52,9%). Riwayat paparan asap rokok menunjukkan tidak ada responden yang memiliki kebiasaan merokok dan terdapat 28 responden (54,9%) terpapar asap rokok dari lingkungan. Paparan asap rokok umumnya didapat dari luar ruangan (92,2%) dengan intensitas jarang (82,4%). Riwayat paparan polusi udara dari dapur menunjukkan bahwa sebanyak 27 responden (52,9%) tidak sering menggunakan kompor gas untuk memasak, serta tidak ada yang menggunakan kayu bakar. Terdapat 30 responden (58,8%) menggunakan kendaraan motor untuk beraktivitas sehari-hari, yang umumnya 30 responden (60,2%) tidak menggunakan masker saat di perjalanan, dan 41 responden (80,4%) tidak menggunakan masker saat berada di luar ruangan. Terdapat 42 responden (82,4%) juga tidak pernah melakukan cuci hidung.

4.1.3 Gambaran paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar hidung

Gambaran paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar hidung ditunjukkan pada Tabel 4.3. Skor total yang didapat dari 11 indikator yang digunakan untuk menilai paparan polusi udara berkisar antara 1 sampai 8 dengan median 5. Pembagian paparan polusi udara sebagai risiko rendah dan tinggi didapatkan sebanyak 34 responden (66,7%) berisiko rendah terpapar polusi

udara dan 17 responden (33,3%) berisiko tinggi. Waktu transportasi mukosiliar hidung yang ditunjukkan oleh responden berkisar antara 0,82 sampai 24,68 menit dengan median 6,60 menit. Hasil pengelompokkan waktu transportasi mukosiliar hidung didapatkan hasil normal pada 50 responden (98%).

Tabel 4.3 Gambaran Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung

	Median (min – maks)	n (%)
Skor total paparan polusi udara	5,0 (1,0 – 8,0)	
Risiko rendah		34 (66,7)
Risiko tinggi		17 (33,3)
Waktu TMS hidung (menit)	6,60 (0,82 – 24,68)	
Normal		50 (98,0)
Tidak normal		1 (2,0)

4.1.4 Hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung

Hasil analisis hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hubungan Paparan Polusi Udara dengan Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung

Paparan polusi udara	Waktu transportasi mukosiliar hidung		Total	p	CC
	Normal	Tidak normal			
Risiko rendah	33	1	34	0,475	0,100
Risiko tinggi	17	0	17		
Total	50	1	51		

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dari 33 responden yang berisiko rendah terpapar polusi udara hampir semuanya memiliki

waktu transportasi mukosiliar normal, demikian halnya pada 17 responden yang berisiko tinggi terpapar polusi udara semuanya juga memiliki waktu transportasi mukosiliar normal. Hasil uji korelasi koefisien kontingensi didapatkan nilai $p=0,475$ ($p>0,05$) dengan nilai CC sebesar 0,100. Karena nilai $p>0,05$ maka dinyatakan bahwa paparan polusi udara menunjukkan korelasi positif dengan kekuatan korelasi yang lemah terhadap waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula. Nilai CC yang didapat sebesar 0,100 berada dalam rentang 0,000 sampai 0,199 menunjukkan bahwa kekuatan hubungan paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar sangat lemah.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung. Pada penelitian ini didapatkan pengukuran waktu transportasi mukosiliar hidung dengan uji sakarin didapatkan rata-rata 6,60 menit. Hampir semua responden (98%) menunjukkan waktu transportasi mukosiliar hidung normal yaitu 0-20 menit. Sampel penelitian ini didapatkan mayoritas mahasiswa perempuan yang pada umumnya tidak merokok dan cenderung memperhatikan kesehatan. Pada penelitian ini jumlah mahasiswa perempuan perokok pasif juga lebih sedikit daripada mahasiswa laki-laki dan paparan asap rokok yang didapat lebih banyak berasal dari luar ruangan. Mahasiswa dalam penelitian

ini lebih banyak yang menggunakan motor dalam berkendara, akan tetapi tingkat penggunaan masker saat di perjalanan ditemukan lebih sedikit.

Waktu transportasi mukosiliar hidung tidak terbukti terkait dengan paparan polusi udara, karena baik pada responden yang berisiko tinggi ataupun berisiko rendah terpapar polusi udara cenderung memiliki waktu transportasi mukosiliar hidung yang normal. Hal ini juga berkaitan dengan tempat tinggal responden yang berada di wilayah perkotaan dengan indeks kualitas udara dan kadar polutan yang juga sama yaitu tingkat *moderate*. Polusi udara di perkotaan berkontribusi pada tingginya konsentrasi polutan yang dapat berdampak pada silia dan kerusakan sel bersilia (Joson & Laxamana, 2020). Lingkungan dengan polusi udara tinggi menyebabkan silia di saluran pernapasan menjadi lebih pendek atau hilang sehingga memengaruhi kemampuannya untuk membersihkan saluran pernapasan dan berefek pada pemanjangan waktu transportasi mukosiliar hidung (Cao dkk, 2020). Penyebab lain adalah karena tidak ada responden yang terpapar oleh asap pembakaran dari kegiatan memasak karena kebanyakan dari responden tinggal di indekos dan tidak memungkinkan untuk memasak menggunakan kayu bakar.

Kekuatan hubungan antara paparan polusi udara berdasarkan aktivitas sehari-hari dan waktu transportasi mukosiliar hidung tergolong sangat lemah, menunjukkan ada faktor lain yang lebih kuat hubungannya seperti konsentrasi kontaminan kimia, biologis, maupun polutan fisik yang lebih tinggi (Cao dkk, 2020). Keberadaan faktor lain yang dapat memengaruhi

hubungan paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar hidung tampak dari satu mahasiswa yang berisiko rendah terpapar polusi udara tetapi memiliki waktu transportasi mukosiliar hidung tidak normal. Karakteristik dari mahasiswa tersebut adalah perempuan, perokok pasif, terpapar asap rokok di luar lingkungan dengan intensitas jarang, tidak menggunakan kompor gas ataupun kayu bakar saat memasak, akan tetapi berkendara menggunakan motor dan tidak sering mengenakan masker saat di luar ruangan ataupun saat di perjalanan. Terdapat kemungkinan bahwa pada satu mahasiswa ini memiliki gangguan sinonasal selain yang ditetapkan dalam kriteria eksklusi dan dapat memengaruhi waktu transportasi mukosiliar hidung.

Sebagian besar responden (66,7%) dalam penelitian ini berisiko rendah terpapar polusi udara. Hal ini disebabkan karena semua responden tidak merokok dan lebih banyak responden yang terpapar oleh asap rokok dari lingkungan. Tembakau dan nikotin yang terdapat pada rokok dapat mengurangi jumlah silia dalam pernapasan, kemudian mempengaruhi frekuensi irama silia sehingga waktu transportasi mukosiliar juga ikut terpengaruh, hal ini sebanding dengan hasil penelitian oleh Sanna pada tahun 2019 yang menunjukkan bahwa waktu transportasi mukosiliar pada kelompok perokok didapatkan lebih panjang daripada kelompok yang tidak merokok. Paparan asap rokok dalam ruangan berpotensi meningkatkan kadar bahan polutan. Polusi udara dalam ruangan bisa sangat membahayakan karena sumber polutan berdekatan langsung dengan

manusia, sehingga paparan asap rokok yang ada dalam ruangan lebih berisiko daripada di luar ruangan (Aila Haris dkk., 2022). Asap rokok di luar ruangan bisa menguap lebih cepat karena luasnya pergerakan udara dibandingkan dengan asap rokok yang ada di dalam ruangan sehingga risiko terhirup dan menyebabkan gangguan kesehatan lebih kecil (Nur Faizi dkk, 2018).

Risiko rendah terpapar polusi udara yang ditemukan dalam penelitian ini juga terkait dengan kebiasaan responden yang lebih sering memasak menggunakan kompor gas atau alat masak elektrik dimana alat-alat masak tersebut tidak mengeluarkan asap. Asap hasil pembakaran kayu dapat berkontribusi pada polusi udara karena emisi pembakaran kayu mengandung campuran heterogen materi gas dan partikulat yang meliputi karbon dioksida, nitrogen, sulfur, serta ion akan menguap yang jika terhirup. Hal ini dapat berdampak pada hiperplasia sel goblet, hipersekresi, dan obstruksi mukus (Singh dkk, 2022). Hipersekresi dan obstruksi mukus akan menghambat fungsi mukosiliar dalam pembersihan mukus di saluran pernapasan dan akibatnya membutuhkan waktu transportasi mukosiliar yang lebih lama (Page dkk., 2021).

Penyebab dari tidak terbuktinya hubungan antara paparan polusi udara dan waktu transportasi mukosiliar hidung dapat disebabkan karena keterbatasan penelitian seperti pemilihan subjek yang aktivitas sehari-harinya cenderung sama dan tinggal di daerah yang sama seperti mahasiswa. Penelitian lain yang juga dilakukan pada populasi mahasiswa menunjukkan

ada perbedaan waktu transportasi mukosiliar hidung ketika membandingkan antara mahasiswa yang tinggal di daerah berpolusi udara (20,77 menit) dan tinggal di daerah bebas polusi udara (12,52 menit), antara mahasiswa perokok (23,15 menit) dan bukan perokok (10,10 menit), antara mahasiswa dengan rhinitis alergi (19,89 menit) dan tidak rhinitis alergi (12,52 menit), serta antara mahasiswa dengan dan tanpa septum deviasi (22,50 dan 12,52 menit) (Jaroslaw dkk., 2015). Lokasi tinggal di daerah perkotaan yang sama menjadi alasan mengapa paparan polusi udara pada aktivitas sehari-hari tidak berhubungan dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada penelitian ini.

Faktor usia subjek juga dapat menjadi alasan mengapa waktu transportasi mukosiliar hidung yang didapat cenderung normal, karena subjek berusia di bawah 50 tahun. Transportasi mukosiliar hidung menurun seiring terjadinya penuaan. Pembersihan mukosiliar dapat dipengaruhi oleh perubahan jumlah, struktur, denyut, atau koordinasi silia. Penuaan dapat menyebabkan perubahan pada banyak komponen alat pembersihan mukosiliar, yang menyebabkan kecenderungan penyakit lebih tinggi seiring bertambahnya usia (Bailey, 2022). Pemilihan indikator paparan polusi udara juga menjadi alasan karena peneliti tidak mengadopsi indikator paparan polusi udara dari sumber yang tervalidasi.

Waktu transportasi mukosiliar hidung juga terkait dengan tiga faktor yaitu jumlah mukus, kedalaman lapisan perisiliar, serta sifat fisik mukus dari tiap individu (de Oliveira dkk., 2006). Faktor-faktor tersebut juga tidak

diketahui dalam penelitian ini. Pengukuran waktu transportasi mukosiliar hidung juga dianjurkan untuk dilakukan pada kelembaban udara diatas 50% (Pezato dkk., 2023). Pengukuran waktu transportasi mukosiliar hidung pada subjek penelitian ini tidak dilakukan pada waktu yang sama terdapat kemungkinan bahwa kelembaban udara saat pengukuran dapat berbeda.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Terdapat hubungan korelasi positif dengan kekuatan korelasi yang lemah antara paparan polusi udara dengan waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula.
2. Kategori risiko paparan polusi udara berdasarkan aktivitas sehari-hari pada mahasiswa FK Unissula sebagian besar berisiko rendah terpapar.
3. Rerata waktu transportasi mukosiliar hidung pada mahasiswa FK Unissula tergolong normal (0-20 menit).

5.2. Saran

Saran yang dapat peneliti ajukan terkait dengan hasil dan keterbatasan penelitian ini adalah penelitian berikutnya diharapkan dapat dilakukan pada subjek yang merokok dan tidak merokok, serta mempertimbangkan faktor usia dan keadaan hidung seperti septum deviasi. Penelitian berikutnya dapat mengadopsi indikator paparan polusi udara dari sumber yang sudah tervalidasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. A. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam tentang Bahaya dari Polusi Udara. Dalam Prosiding SNFUR-4.
- Aila Haris, Mukhtar Ikhsan, & Rita Rogayah. (2022). Asap Rokok sebagai Bahan Pencemar dalam Ruangan.
- Andriani, R., & Adriat, R. (2019). Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di Kota Pontianak. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/pf.v7i2.35830>
- Ayuningtyas, S., & Pigawati, B. (2018). Kualitas Lingkungan Permukiman Kawasan Industri di Kecamatan Genuk Kota Semarang. *Tataloka*, 21(1), 192. <https://doi.org/10.14710/tataloka.21.1.192-203>
- Brant, T. C. S., Yoshida, C. T., Carvalho, T. S., Nicola, M. L., Martins, J. A., Braga, L. M., De Oliveira, R. C., Leyton, V., De Andre, C. S., Saldiva, P. H. N., Rubin, B. K., & Nakagawa, N. K. (2014). Mucociliary clearance, Airway inflammation and nasal symptoms in urban motorcyclists. *Clinics*, 69(12), 867–870. [https://doi.org/10.6061/clinics/2014\(12\)13](https://doi.org/10.6061/clinics/2014(12)13)
- Buana, I., & Dwi, A. H. (2022). Asbestos, radon, dan Polusi Udara sebagai Faktor Resiko Kanker Paru pada Perempuan bukan Perokok. *Averrous: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*, 8(1). <https://ojs.unimal.ac.id/averrous/article/view/7088>
- Cahyono, W. E. (2016). Penyebaran Pencemar Udara di Kota Yogyakarta. *Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek*, 2557–533. <http://mirador.gsfc.nasa.gov/>
- Cao, Y., Chen, M., Dong, D., Xie, S., & Liu, M. (2020). Environmental pollutants damage airway epithelial cell cilia: Implications for the prevention of obstructive lung diseases. *Thoracic Cancer*, 11(3), 505–510. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.13323>
- Caponnetto, P., Emma, R., Benfatto, F., Ferlito, S., Gulino, A., Maniaci, A., Lechien, J. R., Ingrassia, A., Cocuzza, S., & Polosa, R. (2024). Saccharin test: Methodological validation and systematic review of the literature. *Ear, Nose and Throat Journal*, 103(8), NP494–NP507. <https://doi.org/10.1177/01455613211064044>
- DeCoster, J., Gallucci, M., & Iselin, A. M. R. (2011). Best Practices for Using Median Splits, Artificial Categorization, and their Continuous Alternatives.

- Journal of Experimental Psychopathology, 2(2), 197–209.
<https://doi.org/10.5127/jep.008310>
- Deta, G. P. D., & Yendri, V. N. (2023). Pengaruh Pengobatan Refluks Laring Faring terhadap Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung.
- Ertiana, D. E. (2022). Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat: Literatur Review. Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal, 12, 287–296. <http://journal.stikeskendal.ac.id/index.php/PSKM>
- Faullya Zein, D., Bahrudin, M., & Setiawan, I. (2015). Perbedaan Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung pada Pekerja Industri Penyamakan Kulit Dibanding Non-Pekerja. 58.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22219/sm.v11i1.4196>
- Gizurarson, S. (2015). The Effect of Cilia and the Mucociliary Clearance on Successful Drug Delivery. Dalam Biol. Pharm. Bull (Vol. 38, Nomor 4).
<https://doi.org/10.1248/bpb.b14-00398>
- Hakim, L., Putra, P. T., & Zahratu, A. L. (2017). Efektifitas Jalur Hijau dalam Mengurangi Polusi Udara oleh Kendaraan Bermotor. Arsitektur NALARs, 16. <https://doi.org/https://doi.org/10.24853/nalars.16.1.91-100>
- Hidayat, A. (2023). Dampak Polusi Udara pada Kesehatan.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31219/osf.io/wam46>
- Indrayani, L. W., & Suanda, I. K. (2017). Neuroblastoma pada Sistem Saraf Pusat yang Meluas Sampai ke Kavum Nasi pada Pasien Dewasa.
- Jiao, J., & Zhang, L. (2019). Influence of Intranasal Drugs on Human Nasal Mucociliary Clearance and Ciliary Beat Frequency. Dalam Allergy, Asthma and Immunology Research (Vol. 11, Nomor 3, hlm. 306–319). Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology.
<https://doi.org/10.4168/aair.2019.11.3.306>
- Jing, J. C., Chen, J. J., Chou, L., Wong, B. J. F., & Chen, Z. (2017). Visualization and Detection of Ciliary Beating Pattern and Frequency in the Upper Airway using Phase Resolved Doppler Optical Coherence Tomography. Scientific Reports, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08968-x>
- Joson, S., & Laxamana, J. (2020). Air Pollution and Nasal Mucociliary Clearance Time among Urban and Rural Residents in Two Philippine Communities. Seminars in Roentgenology, 35(2), 118–123.
<https://doi.org/10.1053/ro.2000.6150>
- Kelly, S. J., Martinsen, P., & Tatkov, S. (2021). Rapid changes in mucociliary transport in the tracheal epithelium caused by unconditioned room air or nebulized hypertonic saline and mannitol are not determined by frequency of

- beating cilia. *Intensive Care Medicine Experimental*, 9(1).
<https://doi.org/10.1186/s40635-021-00374-y>
- Khusna, N. F., Aulia, S., Amaria, S., Rahmah, A., Sanmas, S. A., & Fauzi, F. (2023). Peramalan Kualitas Udara di Semarang Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Forecasting Air Quality in Semarang Using the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Method.
- Lagu, Abd. M. H., Sahani, W., & Hayat, F. (2010). Studi Konsetrasi CO Udara & COHb dalam Darah Petugas Indoor MTC Makassar. <https://repositori.uin-alauddin.ac.id/3691/>
- Lestari, W. S., Maulina, N., & Zachraeni, I. (2024). Waktu Laju Transportasi Mukosiliar Hidung pada Penderita Rinosinusitis Kronik di RSUD Cut Meutia (Vol. 3, Nomor 1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.29103/jkkmm.v3i1.14926>
- Nanadiwardhana, N. T., Belladonna, M., & Muyassaroh. (2018). Hubungan Paparan Inhalasi Karbon Monoksida dengan Fungsi Penghidu (Studi Analitik Observasional pada Pekerja Tukang Sate di Kota Semarang). *Muyassaroh JKD*, 7(2), 1617–1621.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/dmj.v7i2.21497>
- Nugroho, A., Asror, I., & Wibowo, Y. F. A. (2023). Klasifikasi Tingkat Kualitas Udara DKI Jakarta Berdasarkan Open Government Data Menggunakan Algoritma Random Forest. *e-Proceeding of Engineering*, 10.
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/20030>
- Nur Faizi, M., Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis Jl BathinAlam, J., & Alam, S. (2018). Prototype Penetrslisir Asap Rokok pada Ruangan menggunakan Metode Corona Discharge. 08(1).
- Page, L. K., Staples, K. J., Spalluto, M., Watson, A., & Wilkinson, T. M. A. (2021). Influence of Hypoxia on the Epithelial Pathogen Interactions in the Lung: Implications for Respiratory Disease. *Frontiers in Immunology*.
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.653969>
- Paramita, D. V., & Juniati, S. H. (2016). Fisiologi dan Fungsi Mukosiliar Bronkus. *THT - KL*, 9.
- Pranata, A., Siregar, A. M., Dharma, B., Damanik, W. S., & Nasution, A. R. (2021). Mamfaatkan Limbah Skrap Aluminium Untuk Knalpot Sepeda Motor Vega ZR Tahun 2011 Guna Mengurangi Polusi Udara. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(2).
<https://doi.org/10.30596/rmme.v4i2.8077>

- Revanolin, R., & Dirgawati, M. (2021). Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO₂) di Dalam Ruang dari Aktivitas Memasak Rumah Tangga Dengan Jenis Bahan Bakar Berbeda : Literature Review. FTSP Series.
- Rizaldi, M. A., Azizah, R., Latif, M. T., Sulistyorini, L., & Salindra, B. P. (2022). Dampak Paparan Gas Karbon Monoksida Terhadap Kesehatan Masyarakat yang Rentan dan Berisiko Tinggi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 253–265. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.3.253-265>
- Rosyidah, M. (2016). Polusi Udara dan Kesehatan Pernafasan. *Integrasi*, 1(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.32502/js.v1i2.988>
- Salim, D. S., & Prasetyo, A. (2016). Laju Transpor Mukosiliar Mukosa Nasal pada Petugas SPBU. 5(4), 640–648. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/dmj.v5i4.14260>
- Sanna, A. T., Susilo, W., Wiriansya, E. P., Abdi, D. A., & Permatasari, D. (2019). Analisis Perbedaan Waktu Transportasi Mukosiliar Hidung Pada Perokok dan Non-Perokok dengan Uji Sakharin di Universitas Muslim Indonesia. *Jurnal Kesehatan*, 2.
- Santos, U. de P., Arbex, M. A., Braga, A. L. F., Mizutani, R. F., Cançado, J. E. D., Terra-Filho, M., & Chatkin, J. M. (2021). Environmental air pollution: Respiratory effects. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 47(1), 1–13. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>
- Singh, D., Damte Tassew, D., Nelson, J., Chalbot, M.-C. G., Tesfaigzi, Y., & Demokritou, P. (2022). Physicochemical and toxicological properties of wood smoke particulate matter as a function of wood species and combustion condition.
- Soesilawati Pratiwi. (2020). *Histologi Kedokteran Dasar*.
- Sofyan, F., & Tami, D. R. I. (2017). Pengaruh cuci hidung dengan NaCl 0,9% terhadap peningkatan rata-rata kadar pH cairan hidung. Dalam Pengaruh cuci hidung dengan NaCl (Vol. 47, Nomor 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.32637/orli.v47i1.192>
- Tobing, J. (2022). Rinitis Akibat Kerja. *Ikraith-Humaniora*, 6.
- Umah, R., & Gusmira, E. (2024). Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan. *Profit Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 3, 103–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.58192/profit.v3i3.2246>
- World Health Organization. (2022, Desember 19). Ambient (outdoor) air pollution. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Yola, E., Putri, P., Mulyanti, D., Umayah, E., Farmasi, U. P., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2022). Kajian Potensi Penyebaran Mikroorganisme Patogen Penyebab ISPA dan Diare Berdasarkan Kondisi Geografis dan Demografis Wilayah Indonesia. <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.ID>

