



**ANALISIS KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* (PM<sub>2,5</sub>) UDARA  
AMBIEN DAN KELUHAN PERNAPASAN PADA MASYARAKAT DI  
KAWASAN JL. TRUNOJOYO KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh

**Amalia Rizky Ramadhany  
NIM 172110101149**

**PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN  
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023**



**ANALISIS KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* (PM<sub>2,5</sub>) UDARA  
AMBIEN DAN KELUHAN PERNAPASAN PADA MASYARAKAT DI  
KAWASAN JL. TRUNOJOYO KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh

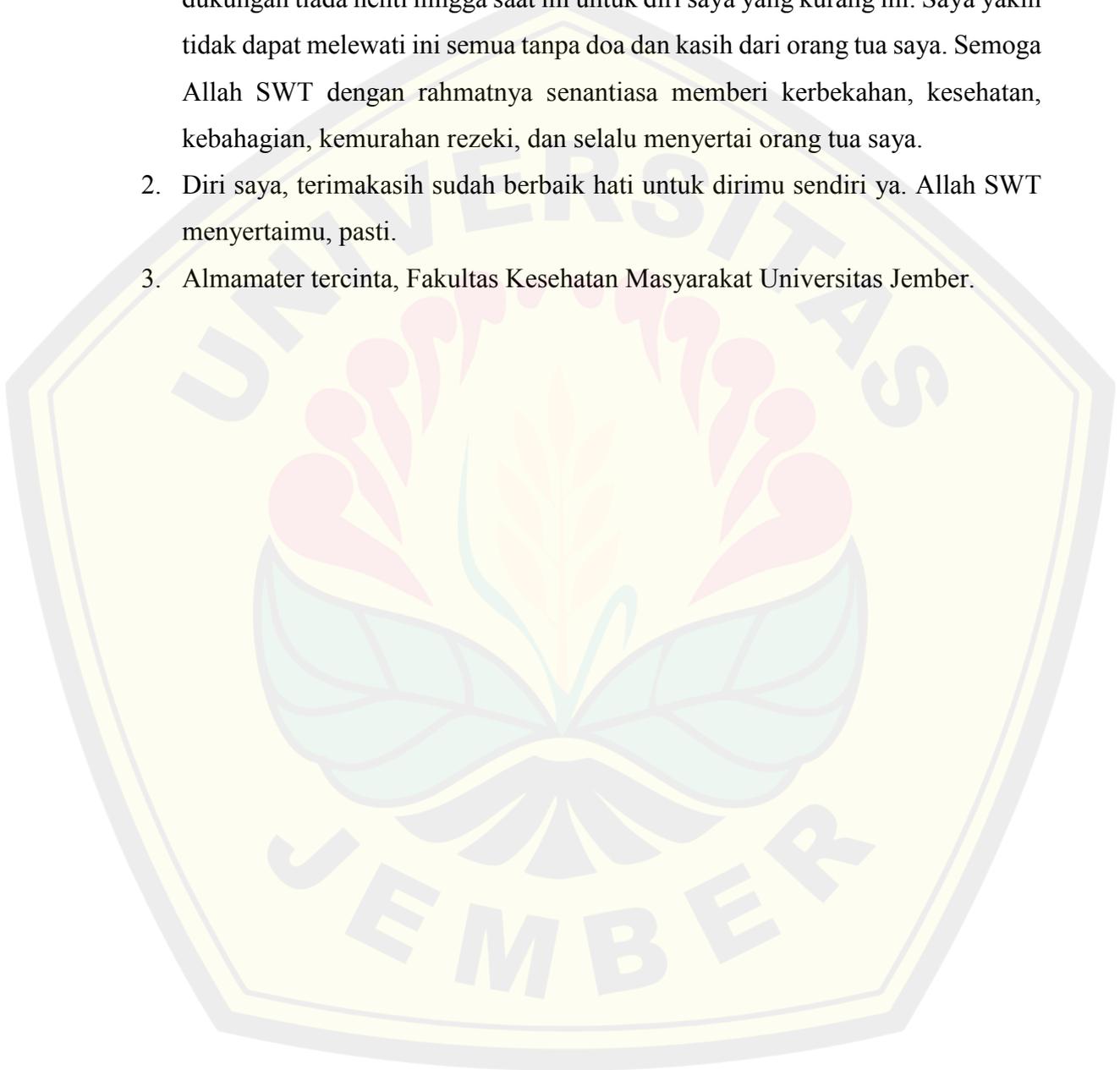
**Amalia Rizky Ramadhany**  
**NIM 172110101149**

**PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN  
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2023**

**PERSEMBAHAN**

Dengan segala puji bagi Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, Alhamdulillah skripsi ini dapat saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya, terimakasih yang tak terhingga untuk semua cinta kasih dan dukungan tiada henti hingga saat ini untuk diri saya yang kurang ini. Saya yakin tidak dapat melewati ini semua tanpa doa dan kasih dari orang tua saya. Semoga Allah SWT dengan rahmatnya senantiasa memberi kerbekahan, kesehatan, kebahagiaan, kemurahan rezeki, dan selalu menyertai orang tua saya.
2. Diri saya, terimakasih sudah berbaik hati untuk dirimu sendiri ya. Allah SWT menyertaimu, pasti.
3. Almamater tercinta, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.



**MOTTO**

“Sesungguhnya Kami telah menjadikan apa yang ada di bumi sebagai perhiasan baginya, untuk Kami menguji mereka, siapakah di antaranya yang terbaik perbuatannya”

(Terjemahan Surat Al-Kahf:7)<sup>1</sup>

“Dan sesungguhnya Kami telah menjelaskan berulang-ulang kepada manusia dalam Al-Quran ini dengan bermacam-macam perumpamaan. Tetapi manusia adalah memang yang paling banyak membantah”

(Terjemahan Surat Al-Kahf:54)



---

<sup>1</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Mushaf Al-Quran Terjemah*. Depok: Penerbit Al-Huda

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amalia Rizky Ramadhany

NIM : 172110101149

Menyatakan dengan sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien dan Keluhan Pernapasan Masyarakat di Kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember” ialah benar-benar karya tulis sendiri, kecuali apabila terdapat pengutipan substansi disertakan sumbernya, dan belum pernah diajukan di institusi manapun. Saya bertanggung jawab penuh terkait keabsahan dan kebenaran isi sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia memperoleh sanksi akademik apabila kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 November 2023

Amalia Rizky Ramadhany  
NIM 172110101149

**PEMBIMBINGAN**

**SKRIPSI**

**ANALISIS KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* (PM<sub>2,5</sub>) UDARA  
AMBEIN DAN KELUHAN PERNAPASAN MASYARAKAT DI  
KAWASAN JALAN TRUNOJOYO KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Amalia Rizky Ramadhany

NIM 172110101149

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ellyke, S.KM., M.KL.

Dosen Pembimbing Anggota : dr. Ragil Ismi Hartanti, M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Analisis Konsentrasi Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) Udara Ambien dan Keluhan Pernapasan Masyarakat di Kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 14 November 2023

Tempat : Ruang Sidang 1 Lantai 2 FKM UNEJ

**Pembimbing**

1. DPU : Ellyke, S.KM., M.KL.  
NIP. 198104292006042002

2. DPA : dr. Ragil Ismi Hartanti, M.Sc.  
NIP. 198110052006042002

**Tanda Tangan**

  
(.....)

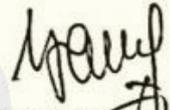
  
(.....)

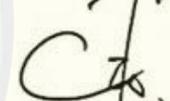
**Penguji**

1. Ketua : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes.  
NIP. 197509142008121002

2. Sekretaris : Citra Anggun Kinanthi, S.KM., M.Epid.  
NRP. 760018047

3. Anggota : Hary Basuki, ST.  
NIP. 196904282003121003

  
(.....)

  
(.....)

  
(.....)



Disahkan  
dan  
Tanda Tangan

Dr. Farida Wahyu Ningtyias, S.KM., M.Kes.  
NIP. 19801009200512002

## RINGKASAN

**Analisis Konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien dan Keluhan Pernapasan pada Masyarakat Di Kawasan Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember;**

Amalia Rizky Ramadhany;172110101149;2017; 70 Halaman; Peminatan Kesehatan Lingkungan; Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Pecemaran udara masih menjadi masalah lingkungan utama yang dialami masyarakat modern saat ini. Laporan inventarisasi emisi yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan bahwa faktor utama terjadinya polusi udara wilayah perkotaan di Indonesia ialah 70-80% disebabkan dari pembakaran bahan bakar fosil kendaraan bermotor. Salah satu bahan pencemar udara yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna oleh kendaraan bermotor ialah *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>). Diketahui PM<sub>2,5</sub> mampu terdesposisi masuk hingga ke alveolus paru dan pembuluh alveolar. Sehingga semakin kecil ukuran partikel yang masuk ke tubuh, maka semakin dalam potensi terdesosisnya. Partikulat di udara dapat menyebabkan gejala atau gangguan kesehatan bahkan pada seseorang dengan keadaan sehat, yaitu seperti iritasi mata, iritasi hidung, batuk, batuk berdahak, dan sesak napas. Efek jangka Panjang akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) ialah penurunan fungsi paru, bronkitis kronis, hingga kematian dini.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain deskriptif dan pendekatan *cross sectional* yang bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap kondisi udara ambien dengan parameter PM<sub>2,5</sub> dan keluhan pernafasan yang dirasakan masyarakat di Jl. Trunojoyo. Pada penelitian ini terdapat dua sampel, yaitu sampel lingkungan dan manusia. Penentuan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*. Sampel lingkungan pada penelitian ini ialah udara ambien di Jalan Trunojoyo sebanyak tiga titik dan sampel manusia pada penelitian ini merupakan masyarakat yang sedang beraktifitas di kawasan Jalan Trunojoyo sebanyak 68 responden.

Hasil pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember memperoleh hasil sebesar 40µg/m<sup>3</sup> pada titik A, 38µg/m<sup>3</sup> pada

titik B, dan  $39\mu\text{g}/\text{m}^3$  pada titik C. Hasil wawancara kepada masyarakat menunjukkan hasil responden mengalami keluhan pernafasan sebanyak 41 orang yang terbagi atas tiga kategori yaitu keluhan ringan sebanyak 23 orang, keluhan sedang sebanyak 8 orang, dan keluhan berat sebanyak 10 orang. Berdasarkan distribusi jenis keluhan pernafasan, diperoleh hasil responden dengan keluhan iritasi hidung sebanyak 32 responden, keluhan nyeri tenggorokan sebanyak 22 responden, keluhan batuk sebanyak 22 responden, keluhan batuk berdahak sebanyak 12 responden, keluhan sesak napas sebanyak 7 responden, dan keluhan nyeri dada sebanyak 5 responden. Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan hasil penelitian ialah diharapkan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember dapat menambahkan parameter *particulate matter* ( $\text{PM}_{2,5}$ ) dalam melakukan pemantauan atau pengukuran kualitas udara ambien secara berkala khususnya dilokasi dengan kondisi kendaraan bermotor yang cukup padat. Saran untuk masyarakat diharapkan bisa lebih peduli terhadap kesehatan diri sendiri dengan melakukan upaya untuk meminimalisir terjadinya gangguan pernafasan akibat dari paparan polusi seperti menggunakan masker dengan benar. Saran untuk peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan kajian mengenai Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yang bertujuan untuk menghitung atau memprediksi risiko kesehatan pada masyarakat akibat paparan *particulate matter* ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

**SUMMARY**

*The Analysis of Ambient Air Particulate Matter (PM<sub>2,5</sub>) and Respiratory Symptoms at Trunojoyo Street, Jember Regency; Amalia Rizky Ramadhany; 172110101149; 2017; 70 Pages; Environmental Health Studies; Undergraduate Program of Public Health; Faculty of Public Health, University of Jember.*

Air pollution is a major environmental problem experienced by modern society. The emission inventory report conducted by the Ministry of Environment and Forestry states that the main factor causing air pollution in urban areas in Indonesia is 70-80% caused by combustion fossil fuels in vehicles. One of the air pollutants produced from incomplete combustion by vehicles is particulate matter (PM<sub>2,5</sub>). The particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) is capable of being deposited into the alveoli of the lungs and alveolar vessels. The smaller particle size that enters the body, the deeper it is, the deposition potential could be. Particulates in the air can cause symptoms or health problems even in someone who is healthy, such as irritation of the eyes, nose and throat, coughing, coughing up phlegm, chest tightness, and shortness of breath. Long-term effects due to exposure to particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) are decreased lung function, chronic bronchitis, and premature death.

This type of research was quantitative study with a descriptive design and cross-sectional approach which aims to provide an overview of ambient air conditions with parameters PM<sub>2,5</sub> and respiratory symptoms felt by the people on Trunojoyo street. In this study there were two research samples, that were environmental and human samples. Sampling in this study used purposive sampling technique. The environmental samples in this study were the ambient air on Trunojoyo street with three points and the human samples in this study were people who were doing activities in Trunojoyo street with 68 respondents.

The results of measurements particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) concentrations on Trunojoyo Street, Jember Regency obtained results of 40µg/m<sup>3</sup> at point A, 38µg/m<sup>3</sup> at point B, and 39µg/m<sup>3</sup> at point C. The results of interviews with the society showed that were of respondents experiencing respiratory complaints as many as 41 people divided into three categories, 23 mild complaints, 8 moderate

complaints, and 10 respondents with severe complaints. Based on the distribution of types of respiratory complaints, the results obtained were 32 respondents with complaints of irritation of the nose, 22 respondents with complaints of irritation of the throat, 22 with complaints of cough, 12 with complaints of cough with phlegm, 7 with complaints of shortness of breath, and 5 with complaints of chest tightness. The advice can be given by the author based on the results of this research are the Jember Regency Environmental Service can add particulate matter ( $PM_{2.5}$ ) parameters in monitoring or measuring ambient air quality periodically, especially in locations where more crowded vehicles. The suggestion for society are to care about their own health by making efforts to minimize the occurrence of respiratory problems due to exposure of pollution, such as using mask in proper way. Suggestions for future researchers are be able to develop studies regarding Environmental Health Risk Analysis which aims to calculate or predict health risks to the community due to exposure of particulate matter ( $PM_{2.5}$ ).

## PRAKATA

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT karena limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisis Konsentrasi Particulate Matter (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien dan Keluhan Pernapasan pada Masyarakat di Kawasan Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember* sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember. Proposal Skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya kerjasama yang baik diantara para pihak yang terlibat.

Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ibu Ellyke, S.KM., M.KL. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan dr. Ragil Ismi Hartanti, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian selama proses pembimbingan sehingga skripsi ini dapat terwujud.

Pada kesempatan kali ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada pihak yang terlibat dan telah berkontribusi dalam menyelesaikan proposal skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut sebagai berikut:

1. Ibu Dr. Farida Wahyu Ningtyias, S.KM., M.Kes. selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Ibu Dr. Elok Permatasari, S.KM., M.Kes. selaku Koordinator Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes. selaku ketua penguji dan Ibu Citra Anggun Kinanthi, S.KM., M.Epid selaku sekretaris penguji;
4. Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) selama menjadi mahasiswa di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
5. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang berlimpah kepada penulis;

6. Teman-teman angkatan 2017, teman seperjuangan, dan sahabat penulis (Wahyu Risky, Mytha Okti, Nurul Mufidha, Puspita Octaviani, Hasnah Tsanibillah, Lutfiah DNK, Rani Mira) yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari sistematika penulisan maupun materinya. Walaupun demikian, penulis telah berupaya dengan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki sehingga dapat terselesaikan. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan skripsi ini. Sebagaimana mestinya terbesit harapan yang senantiasa diangankan yaitu mudah-mudahan tulisan ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang ingin membaca dan memahaminya.

Jember, 14 November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.3.1 Tujuan Umum .....	6
1.3.2 Tujuan Khusus .....	6
1.4 Manfaat .....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	6
1.4.2 Manfaat Praktis .....	7
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Pencemaran Udara .....	8
2.1.1 Pengertian dan Sumber Pencemar Udara.....	8
2.1.2 Faktor Klimatologi Pencemaran Udara.....	9
2.2 <i>Particulate Matter</i> (PM).....	10
2.2.1 Definisi <i>Particulate Matter</i> (PM) .....	10
2.2.2 Sumber <i>Particulate Matter</i> (PM).....	11
2.2.3 Karakteristik <i>Particulate Matter</i> (PM) .....	12
2.2.4 Dampak <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2,5</sub> ) terhadap Keluhan Pernafasan .....	13
2.3 Keluhan pada Sistem Pernafasan Manusia .....	16
2.3.1 Sistem Pernafasan Manusia .....	16
2.3.2 Keluhan Pernafasan.....	17
2.3.3 Faktor Individu yang Mempengaruhi Timbulnya Keluhan Pernafasan .....	20
2.4 Kerangka Teori .....	23
2.5 Kerangka Konsep.....	24
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>26</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	26
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	26
3.3 Penentuan Populasi dan Sampel .....	27
3.3.1 Populasi Penelitian.....	27

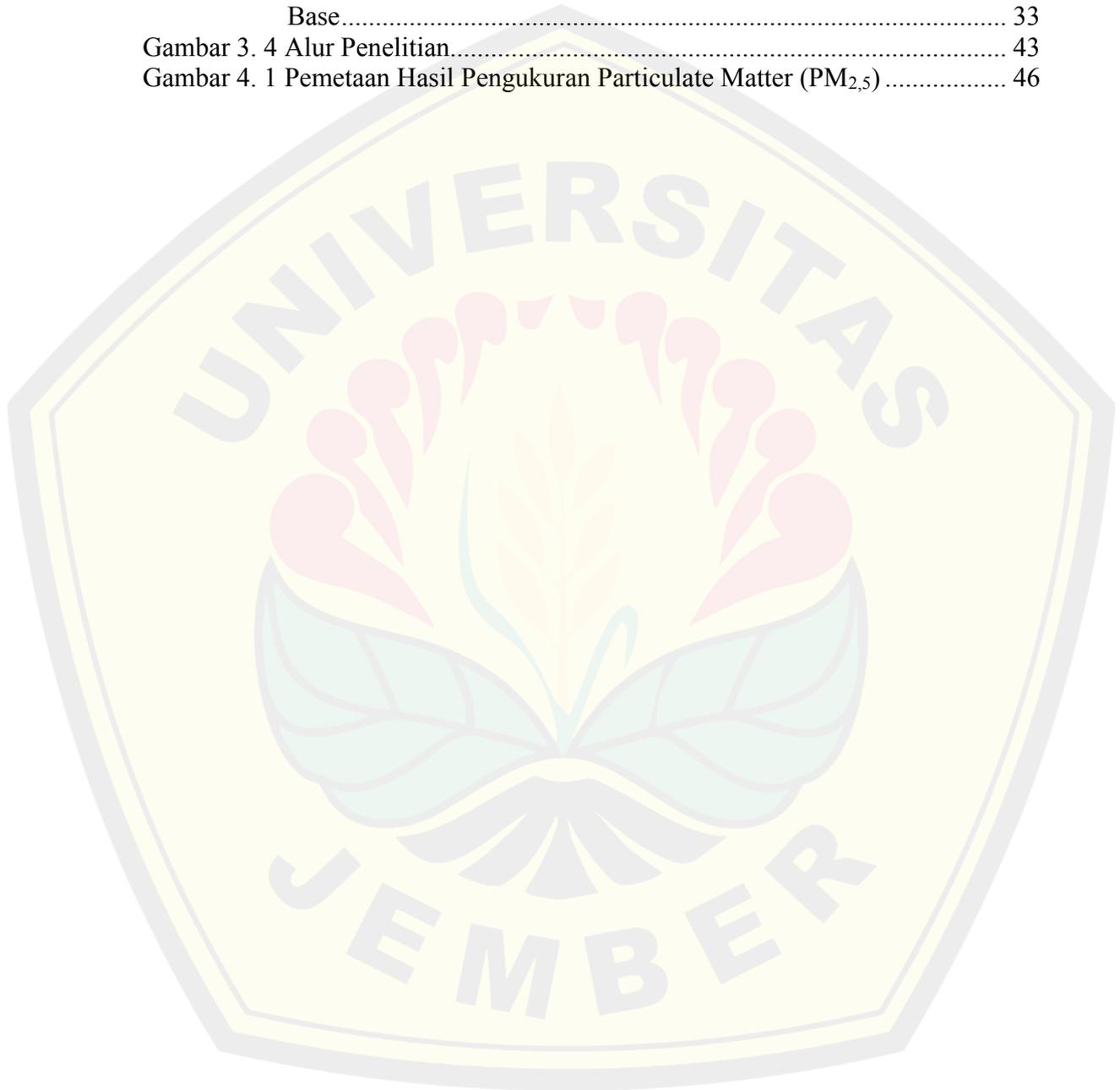
3.3.2	Sampel Penelitian.....	27
3.3.3	Teknik Pengukuran Sampel Udara .....	28
3.4	Variabel dan Definisi Operasional.....	34
3.4.1	Variabel Penelitian.....	34
3.4.2	Definisi Operasional .....	34
3.5	Data dan Sumber Data .....	38
3.6	Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	38
3.6.1	Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.6.2	Instrumen Pengumpulan Data .....	40
3.6.3	Kaji Etik .....	40
3.7	Teknik Pengolahan, Analisis, dan Penyajian Data .....	40
3.7.1.	Teknik Pengolahan Data .....	40
3.7.2.	Teknik Analisis Data.....	41
3.7.3	Penyajian Data .....	42
3.8	Alur Penelitian .....	43
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	44
4.1.1	Karakteristik Individu .....	44
4.1.2	Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> di Udara Ambien.....	45
4.1.3	Keluhan Pernapasan.....	47
4.1.4	Keluhan Pernapasan berdasarkan Karakteristik Individu ....	49
4.2	Pembahasan .....	53
4.2.1	Karakteristik Individu .....	53
4.2.2	Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> Udara Ambien.....	56
4.2.3	Keluhan Pernapasan.....	59
4.2.4	Keluhan Pernapasan berdasarkan Karakteristik Individu ....	61
4.3	Keterbatasan Penelitian.....	67
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>68</b>
5.1	Kesimpulan .....	68
5.2	Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>70</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>70</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1	Macam-macam Ukuran Partikulat .....	11
Tabel 2. 2	Indeks Pencemaran Partikel di Udara .....	14
Tabel 3. 1	Tabel waktu pengukuran sampel udara.....	31
Tabel 3. 2	Tabel Definisi Operasonal Penelitian .....	34
Tabel 4. 1	Frekuensi Karakteristik Individu .....	44
Tabel 4. 2	Faktor Meterologi Udara Ambien.....	47
Tabel 4. 3	Frekuensi Keluhan Pernapasan Responden .....	47
Tabel 4. 4	Frekuensi Jenis Keluhan Pernafasan Responden .....	48
Tabel 4. 5	Distribusi Frekuensi Usia dengan Keluhan Pernapasan Responden...49	
Tabel 4. 6	Distribusi Frekuensi Jenis Kelamin dengan Keluhan Pernapasan .....	49
Tabel 4. 7	Distribusi Frekuensi Durasi Pajanan dengan Keluhan Pernafasan .....	50
Tabel 4. 8	Distribusi Frekuensi Lama Pajanan dengan Keluhan Pernapasan .....	51
Tabel 4. 9	Distribusi Frekuensi Jarak Pajanan dengan Keluhan Pernapasan.....	51
Tabel 4. 10	Distribusi Frekuensi Penggunaan Masker dengan Keluhan Pernapasan.....	52
Tabel 4. 11	Distribusi Frekuensi Kebiasaan Merokok dengan Keluhan Pernapasan.....	52
Tabel 4. 12	Distribusi Frekuensi Aktivitas Indoor dan Outdoor dengan Keluhan Pernapasan.....	53

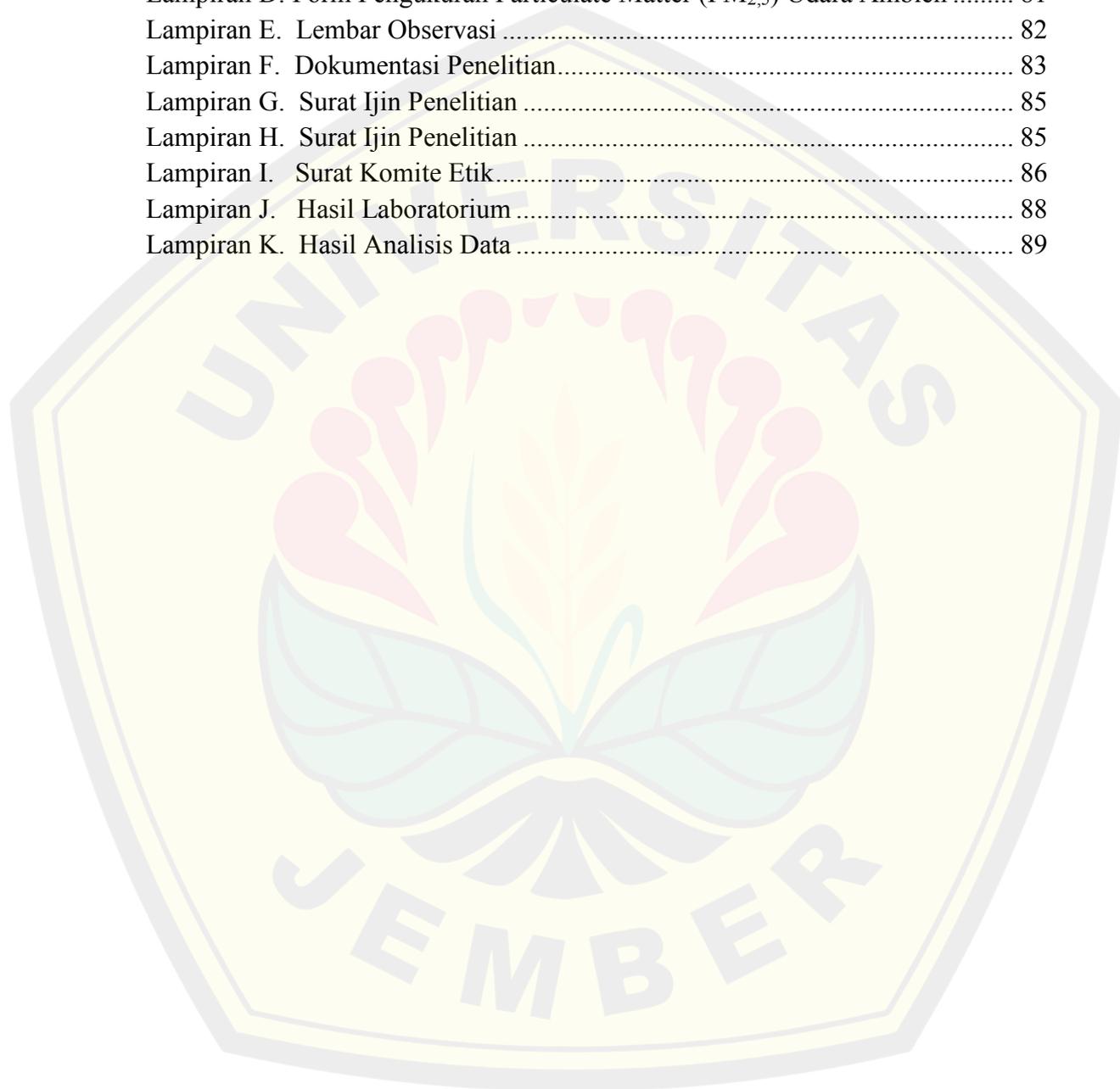
**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Sketsa struktur sistem pernafasan .....	16
Gambar 3. 1 Denah Lokasi Pengambilan Sampel Udara di Jl. Trunojoyo .....	29
Gambar 3. 2 Alat Kestrel 5500 Weather Meter .....	32
Gambar 3. 3 Alat Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base.....	33
Gambar 3. 4 Alur Penelitian.....	43
Gambar 4. 1 Pemetaan Hasil Pengukuran Particulate Matter (PM <sub>2,5</sub> ) .....	46



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A. Informed Consent .....	70
Lampiran B. Kuesioner Penelitian .....	78
Lampiran C. Kuesioner Keluhan Pernapasan .....	79
Lampiran D. Form Pengukuran Particulate Matter (PM <sub>2,5</sub> ) Udara Ambien .....	81
Lampiran E. Lembar Observasi .....	82
Lampiran F. Dokumentasi Penelitian .....	83
Lampiran G. Surat Ijin Penelitian .....	85
Lampiran H. Surat Ijin Penelitian .....	85
Lampiran I. Surat Komite Etik .....	86
Lampiran J. Hasil Laboratorium .....	88
Lampiran K. Hasil Analisis Data .....	89



**DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI**

**DAFTAR SINGKATAN**

BPS	= Badan Pusat Statistik
ISPU	= Indeks Standar Pencemar Udara
PM	= <i>Particulate Matter</i>
PP	= Peraturan Pemerintah
PPOM	= Penyakit Paru Obstruktif Menahun
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SPM	= <i>Suspended Particulate Matter</i>
UU	= Undang-undang
US EPA	= <i>United States Environmental Protection Agency</i>
WHO	= <i>World Health Organizer</i>

**DAFTAR NOTASI**

%	= Persen
>	= Lebih dari
<	= Kurang dari
≥	= Kurang dari sama dengan
≤	= Kurang dari sama dengan
°	= Derajat
m/s	= Meter per second/detik

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pecemaran udara menjadi masalah lingkungan utama yang dialami masyarakat modern saat ini (Wardoyo, 2016:8). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara merupakan masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga terjadi penurunan mutu udara ambien hingga melampaui Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan. Menurut *World Health Organization* (WHO) pencemaran atau polusi udara memiliki risiko besar terhadap kesehatan tubuh. Terdapat 99% populasi di dunia pada tahun 2019 bertempat tinggal di wilayah dengan kualitas udara tidak memenuhi standar yang ditetapkan (WHO, 2021). Pada tahun 2018 terdapat perkiraan WHO yang menyatakan bahwa 9 dari 10 orang di dunia menghirup udara yang tidak memenuhi kualitas pedoman udara. Diperkirakan tahun 2019 terdapat sebanyak 4,2 juta kematian di dunia yang disebabkan oleh paparan polusi udara luar ruangan (WHO, 2021). Diketahui pada Juni 2022 Ibu Kota negara Indonesia mengalami penurunan pada kualitas udara, indeks kualitas udara memasuki kategori tidak sehat bagi kelompok sensitif dengan capaian angka sebesar 145 (Suryani, 2022:1). Laporan inventarisasi emisi yang dilakukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan bahwa faktor utama terjadinya polusi udara wilayah perkotaan di Indonesia ialah 70-80% disebabkan dari pembakaran bahan bakar fosil kendaraan bermotor (KLHK, 2022).

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan tingkat konsumtif dalam penggunaan kendaraan bermotor yang terus meningkat. Berdasarkan data BPS (2021:386), jumlah dari kepemilikan kendaraan umum dan pribadi terus meningkat setiap tahunnya. Tercatat oleh Badan Pusat Statistik bahwa Jawa Timur menjadi provinsi dengan angka jumlah kendaraan bermotor tertinggi, yaitu mencapai 21.554.668 pada tahun 2020. Kabupaten Jember merupakan salah

satu kabupaten yang berada di wilayah Jawa Timur dengan peningkatan jumlah kepemilikan kendaraan bermotor relatif meningkat sejak tahun 2018-2020, tercatat pada tahun 2020 kepemilikan kendaraan bermotor mencapai sebesar 823.254 yang terdiri dari sepeda motor, mobil, bus, truk, dan alat berat. Meningkatnya penggunaan kendaraan memberikan dampak baik dan buruk terhadap beberapa sektor, salah satu dampak buruknya ialah kualitas lingkungan udara yang menurun. Diketahui beberapa bahan pencemar udara yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna oleh kendaraan bermotor berupa gas SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, HC, dan *particulate matter* (PM) (Wardoyo, 2016:93).

*Particulate Matter* (PM) merupakan kumpulan polutan yang terdiri dari campuran partikel padat dan tetesan cairan di udara yang berasal dari proses alamia maupun hasil pembakaran tidak sempurna. *Particulate Matter* (PM) memiliki karakteristik rangkaian kimia sederhana hingga kompleks. *Particulate Matter* (PM) terdiri dari berbagai variasi ukuran, yaitu *coars particles* memiliki ukuran diatas 10 µm, PM<sub>10</sub> memiliki ukuran < 10 µm, PM<sub>2,5</sub> (*fine particles*) memiliki ukuran <2,5 µm, dan PM<sub>0,1</sub> (*particulate ultrafine*) memiliki ukuran <0,1 µm (Wardoyo, 2016:47-48). Perbedaan ukuran *particulate matter* mempengaruhi sifat, karakteristik, distribusi, hingga dampak terhadap kesehatan. Hal ini menyebabkan perbedaan dampak kesehatan akibat dari kemampuan desposisi di dalam tubuh manusia (Wardoyo, 2016:51-52). PM<sub>10</sub> diketahui mampu masuk dari hidung bagian depan hingga terdesposisi pada trakea dan bronkus primer. Sedangkan PM<sub>2,5</sub> mampu terdesposisi masuk hingga ke alveolus paru dan pembuluh alveolar. Sehingga semakin kecil ukuran partikel yang masuk ke tubuh, maka semakin dalam potensi terdesposisinya (Wardoyo, 2016:62-63).

Partikulat merupakan indikator proksi umum dalam menentukan polusi udara (WHO, 2021). Menurut Nabilla dan Dangiran (2018:271), konsentrasi partikulat terakumulasi di udara ambien diperkirakan dari kepadatan lalu lintas hingga menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor. Terdapat penelitian mengenai PM<sub>2,5</sub> diberbagai kota beberapa negara di dunia yang memperoleh hasil bahwa 25% PM<sub>2,5</sub> berumber pada sektor transportasi (Wardoyo, 2016:55). Di Indonesia, terdapat penelitian mengenai kontribusi bahan pencemar PM<sub>2,5</sub> di udara

kota Jakarta sektor transportasi ialah sebesar 67,03% (BPK, 2021:1). Hal ini dapat menimbulkan permasalahan kesehatan akibat dari keterpaparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>). Partikulat di udara dapat menyebabkan gejala atau gangguan kesehatan bahkan pada seseorang dengan keadaan sehat, yaitu seperti iritasi mata, iritasi hidung, batuk, batuk berdahak, dan sesak napas. Efek jangka Panjang akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) ialah penurunan fungsi paru, bronkitis kronis, hingga kematian dini US EPA (2022:2).

Terdapat penelitian sebelumnya yang telah meneliti mengenai konsentrasi tinggi bahan PM<sub>2,5</sub> di udara ambien yang dapat menyebabkan gangguan paru-paru. Penelitian yang dilakukan oleh As'ari di halaman rumah masyarakat sekitar industri limbah, diperoleh hasil PM<sub>2,5</sub> di udara titik pertama sebesar 33 µg/m<sup>3</sup>, titik kedua sebesar 24,3 µg/m<sup>3</sup>, dan titik ketiga sebesar 22,7 µg/m<sup>3</sup> (As'ari, 2022:422). Berdasarkan nilai baku mutu yang ditetapkan WHO yaitu konsentrasi PM<sub>2,5</sub> adalah 10 µg/m<sup>3</sup>, hasil pengukuran PM<sub>2,5</sub> yang dilakukan oleh As'ari pada ketiga titik tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Pada penelitian As'ari tersebut terdapat sebanyak 56% mengalami sesak nafas, 67% responden mengalami kulit gatal, 44% responden mengaami iritasi mata, dan 78% responden mengeluhkan alergi terhadap debu. Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Arba, pada masyarakat disekitar PLTU Kota Tidore diperoleh hasil konsentrasi PM<sub>2,5</sub> sebesar 26,77 µg/m<sup>3</sup>. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa responden mengeluhkan alami batuk sebesar 70% dan mengalami iritasi mata sebesar 47% (Arba, 2019:180).

Berdasarkan data rekam medis RS Paru di Kabupaten Jember, tercatat pada tahun 2018 terdapat 91 kasus penderitanya PPOK dan mengalami peningkatan pada tahun 2019 menjadi 121 kasus penderita PPOK (Wardani, *et al.*, 2021). Berdasar pada Kepmenkes RI Nomor 1022/MENKES/SK/XI/2008 tentang Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) menjelaskan PPOK merupakan penyakit paru yang ditandai adanya hambatan aliran udara pada saluran pernafasan yang bersifat progresif dan berhubungan dengan repons inflamasi paru terhadap partikel ataupun gas beracun yang terhirup masuk. Sehingga dapat

diasumsikan bahwa meningkatnya jumlah kendaraan di Kabupaten Jember setiap tahunnya memiliki potensi terhadap meningkatnya kejadian penyakit paru.

Jalan Trunojoyo merupakan salah satu jalan yang berada di pusat kota Kabupaten Jember dan memiliki perbatasan wilayah yaitu dari Jalan Ahmad Yani dan Jalan HOS Cokroaminoto. Diketahui sepanjangn Jalan Trunojoyo terdapat banyak sekali pertokoan, pusat perbelanjaan tradisional (Pasar Tanjung dan Pasar Kepatihan), pusat perbenlanjaan modern (supermarket), rumah makan, perkantoran, dan terdapat beberapa instansi pendidikan mulai dari sekolah dasar hingga sekolah menengah atas. Terletak di pusat kota yang menyediakan segala fasilitas dan kebutuhan masyarakat, menjadikan wilayah Jalan Trunojoyo selalu ramai dan padat akan kendaraan. Selain itu, Jalan Trunojoyo merupakan jalan satu arah yang memiliki panjang jalan sekitar 1.090m dan lebar jalan sekitar 14-20m. Lebar pada Jalan Trunojoyo diketahui tidak seluruhnya dimanfaatkan untuk arus lalu lintas, tetapi dimanfaatkan juga sebagai lahan parkir yang dapat memotong lebar jalan sekitar 5m dari tepi jalan, dikarenakan hal ini dapat menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya kepadatan atau kemacetan lalu lintas.

Berdasarkan pada data volume kendaraan pada tahun 2018 dari Dinas Perhubungan Kabupaten Jember, tercatat Jalan Trunojoyo pada pagi hari pukul 07.00-08.00 terdapat sebanyak 1.008 satuan motor/jam dan sebanyak 687 satuan mobil/jam. Pada siang hari pukul 11.00-12.00 tercatat sebanyak 542 satuan motor/jam dan 372 satuan mobil/jam. Pada sore hari pukul 16.00-17.00 tercatat sebanyak 1025 satuan motor/jam dan sebanyak 642 satuan mobil/jam. Pada malam hari pukul 20.00-21.00 terdapat sebanyak 116 satuan motor/jam dan sebanyak 146 satuan mobil/jam. Sedangkan dalam satu hari terdapat sebanyak 9.845 kendaraan motor dan 7.428 mobil yang melintasi Jl. Trunojoyo. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2017 tentang Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori M, Kategori N, dan Kategori O, kendaraan bermotor seperti mobil dan sepeda motor memasuki kategori M dengan nilai baku mutu parameter *particulate matter* (PM) sebesar 0,025 gram/km. Sehingga apabila terdapat pencatatan jumlah mobil dan sepeda motor sebanyak

17.273 dalam satu hari, maka diperkirakan terdapat sebesar 431,8 gram/km *particulate matter* yang dikeluarkan dari kendaraan mobil dan motor yang melintasi jalan Trunojoyo.

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan penulis, diperoleh informasi terkait masyarakat yang beraktivitas di ruas Jalan Trunojoyo setiap harinya seperti juru parkir, petugas penyapu jalan, pedagang kaki lima, tukang tambal ban, dan lain-lainnya. Diketahui setiap harinya beberapa masyarakat beraktivitas di jalan dalam rentang waktu sekitar 3-8 jam. Sehingga, aktivitas ini dapat membuat beberapa masyarakat memiliki potensi terpapar  $PM_{2,5}$  akibat aktivitas nya dijalanan setiap hari. Selain itu, penulis juga melakukan studi pendahuluan terhadap beberapa masyarakat di Jalan Trunojoyo mengenai beberapa keluhan pernapasan yang dirasakan selama beraktivitas di kawasan jalan tersebut, yaitu terdapat 5 orang yang menyatakan sering mengalami batuk-batuk, namun 3 diantaranya juga sering mengalami hidung gatal dan bersin-bersin ketika merasa jalanan sangat berdebu yang disertai dengan kondisi cuaca yang panas.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penulis tertarik dalam melakukan penelitian mengenai analisis konsentrasi  $PM_{2,5}$  di udara ambien dan keluhan pernafasan yang dirasakan masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember, mengingat dampak kesehatan atau keluhan pernafasan yang dirasakan akibat dari berkegiatan di wilayah banyak aktivitas transportasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana konsentrasi *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) di udara ambien dan keluhan pernapasan yang dialami oleh masyarakat di kawasan Jl. Trunojoyo di Kabupaten Jember?”

### 1.3 Tujuan Penelitian

#### 1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengkaji konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara ambien dan keluhan pernapasan yang dirasakan oleh masyarakat di kawasan Jl. Trunojoyo di Kabupaten Jember

#### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mendeskripsikan karakteristik individu seperti usia, jenis kelamin, lama paparan, durasi pajanan, jarak pajanan, penggunaan APD (masker), status merokok, dan aktivitas *indoor* atau *outdoor* pada masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo di Kabupaten Jember
- b. Mengkaji kadar *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember dengan uji laboratorium.
- c. Mengkaji keluhan pernapasan yang dirasakan masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember.
- d. Mengkaji keluhan pernafasan berdasarkan karakteristik individu masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember.

### 1.4 Manfaat

#### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Diharapkan penelitian ini dapat menambah serta mengembangkan ilmu pengetahuan terkait kesehatan masyarakat khususnya bidang kesehatan lingkungan mengenai konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara ambien dan keluhan pernapasan yang dirasakan oleh masyarakat di Kabupaten Jember.

#### 1.4.2 Manfaat Praktis

##### a. Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penambah mengenai dampak terhadap kesehatan dari paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara di kalangan masyarakat sehingga dapat melakukan pengendalian dini dalam mengurangi risiko.

##### b. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sarana mengasah kemampuan dan keterampilan dalam bidang penyusunan karya tulis serta meningkatkan pengetahuan dan pengalaman selama proses perkuliahan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

##### c. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai tambahan kepustakaan bahan referensi terkait paparan polutan udara ambien parameter *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>).

##### d. Bagi Instansi Terkait

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait kualitas udara khususnya parameter *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dan keluhan pernapasan masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember, sehingga dapat menjadi bahan evaluasi serta masukan bagi instansi terkait dalam mewujudkan lingkungan yang baik sehingga dapat meminimalisir paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) kepada masyarakat.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Udara

#### 2.1.1 Pengertian dan Sumber Pencemar Udara

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan pencemaran udara ialah proses masuk atau dimasukkannya suatu komponen seperti zat, energi, dan lainnya ke dalam udara ambien yang diakibatkan dari kegiatan manusia, sehingga melampaui batas Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan. Sedangkan menurut Chambers dan Masters dalam Mukono (2003:6) pencemaran udara merupakan bertambahnya bahan atau substrat fisik ataupun kimia ke dalam lingkungan udara normal hingga mencapai jumlah tertentu yang dapat dideteksi dengan cara diukur oleh manusia, pencemaran udara juga dapat memberikan dampak pada manusia, hewan, tumbuhan, dan material.

Pencemaran udara dapat terjadi di dalam ruangan (*indoor pollution*) ataupun luar ruangan (*outdoor pollution*). Pencemaran dalam ruangan dapat berasal dari penetrasi luar ruangan dan bersumber dalam ruangan, seperti asap rokok, cerobong asap dari dapur, pemanas ruangan, penyemprotan desinfektan, parfum, dan lainnya. Pencemaran luar ruangan merupakan pencemar yang bersumber dari emisi kendaraan bermotor, industry, perkapalan, dan sumber kegiatan manusia lainnya (Mukono, 2003:17-34). Berdasarkan asalnya bahan pencemar udara atau polutan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu polutan primer dan sekunder. Polutan primer merupakan polutan yang dihasilkan dari suatu sumber secara langsung yang dapat berbentuk gas dan partikel. Polutan gas terdiri dari senyawa karbon, sulfur, nitrogen, dan halogen. Sedangkan partikel di atmosfer memiliki karakteristik spesifik yang dapat berupa zat padat dan cairan ataupun suspensi (perpaduan fluida dan padat) udara. Partikulat primer dapat diperoleh dari proses mekanis maupun proses pembakaran (Wardoyo, 2016:15). Polutan sekunder merupakan polutan yang dihasilkan dari terjadinya reaksi dua atau lebih bahan kimia di udara seperti reaksi fotokimia yaitu disosiasi  $\text{NO}_2$  yang menghasilkan NO dan O radikal. Polutan

sekunder memiliki sifat fisik dan kimia tidak stabil seperti ozon, *Peroxy Acyl Nitrat* (PAN), dan formalhedid (Wardoyo, 2016:15).

Sumber polusi udara diklasifikasikan menjadi dua yaitu sumber alamiah (*netural source*) dan dampak dari kegiatan manusia (*antropogenik source*). Sumber alamiah yaitu sumber pencemaran yang berasal dari proses alam, seperti kebakaran hutan, gunung meletus, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Sedangkan sumber dari kegiatan manusia merupakan sumber pencemaran yang dihasilkan dari kegiatan manusia (Prabowo dan Muslim, 2018:22-23), yaitu:

- a. Sumber tidak bergerak (*stationary source*), yaitu sumber yang berada di titik tetap seperti cerobong asap dan sumber yang berasal dari suatu daerah seperti pembakaran bahan bakar di area rumah tangga, tempat pembuangan akhir, konstruksi pembangunan, dan lain-lain.
- b. Sumber bergerak, yaitu sumber yang berasal dari kegiatan yang tidak tetap seperti kendaraan bermotor, pesawat, kereta api, dan kapal laut
- c. Debu ataupun partikel yang berasal dari industri pertanian dan perkebunan
- d. Asap dari penggunaan cat, *hair spray*, dan jenis pelarut lainnya
- e. Partikel yang berasal dari peralatan militer seperti senjata nuklir, gas beracun, roket, dan lain sebagainya

#### 2.1.2 Faktor Klimatologi Pencemaran Udara

Terdapat beberapa faktor atau aspek klimatologi yang mempengaruhi pencemaran udara menurut Mukono (2003:10-11), yakni:

- a. Kelembaban

Kelembaban udara merupakan kondisi banyaknya uap air dalam udara yang dapat menyerap radiasi sehingga keberadaan panas bumi dan juga mengatur suhu udara dengan sendirinya. Kelembaban suhu udara dapat membantu proses pengendapan bahan pencemar berbentuk partikel yang akan berikatan dengan air dalam udara sehingga membentuk partikel berukuran lebih besar yang mudah

mengendap ke permukaan bumi akibat gaya gravitasi (Prabowo dan Muslim, 2018:14).

b. Suhu

Suhu di udara dapat menyebabkan polutan dalam atmosfer lebih rendah dan tidak mengalami penyebaran. Peningkatan suhu dapat menjadi katalisator (percepatan reaksi kimia) suatu polutan udara. Menurunnya suhu pada permukaan bumi menyebabkan peningkatan kelembaban udara sehingga relative meningkatkan efek korosif bahan pencemar. Sedangkan meningkatnya suhu akan meningkatkan reaksi suatu bahan kimia. Misalnya pada musim kemarau, diketahui keadaan udara lebih kering dengan suhu meningkat serta angin yang bertiup lambat sehingga menyebabkan kondisi pencemaran di udara meningkat karena tidak terjadi pengenceran polutan oleh hujan (Prabowo dan Muslim, 2018:15).

c. Sinar Matahari

Peningkatan radiasi sinar matahari dapat menyebabkan kerusakan pada bahan dan alat bangunan yang terbuat dari karet, karena sinar matahari dapat mempengaruhi bahan pencemar oksidan terutama O<sub>3</sub> sehingga meningkatkan rangsangan pada kerusakan bahan.

d. Pergerakan Udara

Pergerakan udara di atmosfer terjadi secara horizontal dan vertikal. Pergerakan udara horizontal disebabkan karena aliran angin, sehingga kekuatan angin berpengaruh dalam membuat polutan di udara cepat tersebar. Namun pada kondisi tertentu seperti terdapat bangunan-bangunan di daerah perkotaan, dapat memperlambat gerakan angin sehingga dapat membuat dispersi polutan menjadi terganggu dan bergantung pada pergerakan udara vertikal.

## 2.2 *Particulate Matter* (PM)

### 2.2.1 Definisi *Particulate Matter* (PM)

Partikulat merupakan pencemar udara yang keberadaannya di udara bersamaan dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikulat didefinisikan sebagai kumpulan ataupun kelompok polutan dengan rangkaian ikatan kimia

sederhana hingga sangat kompleks dari proses alami maupun hasil pembakaran yang berupa campuran partikel padat dan tetesan cairan di udara. Menurut Wardoyo (2016:47) sumber terbentuknya partikulat terbagi menjadi tiga, yaitu :

- a. Partikulat primer, merupakan partikular yang dapat terbentuk langsung dari hasil mekanik dan pembakaran.
- b. Partikulat sekunder, merupakan partikulat yang terbentuk dari beberapa gas seperti *volatile organic compounds* (VOCs), oksida belerang (SO<sub>x</sub>), dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) sebagai proses dari reaksi kimia.
- c. Biopartikular atau bioaerosol merupakan partikulat yang terdiri dari beberapa unsur atau senyawa biologi.

Partikulat berdasarkan ukurannya di kelompokkan menjadi beberapa macam, Wardoyo (2016:48) yaitu :

Tabel 2. 1 Macam-macam Ukuran Partikulat

Fraksi	Ukuran Partikulat
PM <sub>10</sub> ( <i>Thoracic fraction</i> )	≤ 10μm
PM <sub>2,5</sub> ( <i>Respirable fraction</i> )	≤ 2,5μm
PM <sub>1</sub>	≤ 1μm
Ultrafine (UFP)	≤ 0,1μm
PM <sub>10</sub> - PM <sub>2,5</sub> ( <i>Fine particle</i> )	≤ 2,5 – 10 μm

Sumber : Wardoyo, 2016:48

### 2.2.2 Sumber *Particulate Matter* (PM)

Partikulat merupakan pencemar udara yang mengandung banyak campuran komponen berbeda dari berbagai sumber. Sumber partikulat akibat aktivitas manusia antara lain ialah kendaraan bermotor, debu jalanan, ketel uap, gas alam, emisi vegetasi alami, kegiatan memasak (proses pemanggangan), asap rokok, dan pembakaran biomassa. Selain itu emisi dari aktivitas industri seperti pembakaran bahan bakar minyak, pembakaran batu bara, dan berbagai jenis industri (petrokimia, metalurgi, keramik, farmasi, hardware IT) merupakan sumber penghasil partikulat. Terdapat penelitian yang membuktikan bahwa kawasan pabrik semen menghasilkan emisi debu halus seperti PM<sub>10</sub> - PM<sub>2,5</sub>. Namun kendaraan bermotor masih menjadi sumber partikulat di atmosfer dengan signifikan jumlah yang besar.

Hal ini tentunya bergantung pada jenis kendaraan dan bahan bakar yang digunakan (Wardoyo, 2016:54). Menurut Prabowo dan Muslim (2018:26) terdapat beberapa sumber partikulat yang berasal dari peristiwa alami atau aktivitas alam, yaitu seperti:

- a. Debu dari tanah seperti pasir halus yang terbawa angin.
- b. Abu atau bahan vulkanik lainnya akibat terjadinya gunung berapi yang meletus.
- c. Semburan uap air panas di daerah sekitar sumber panas bumi seperti daerah pegunungan.

### 2.2.3 Karakteristik *Particulate Matter* (PM)

Partikulat memiliki bentuk bermacam-macam, yaitu berbentuk aerosol (padatan atau cairan terdispersi dalam gas), debu, kabut, *fume* atau asap dari hasil kondensasi, *mists* (partikel cair), *smoke* atau asap yang berasal dari pembakaran, *smog* (*smoke* dan *fog*), dan jelaga. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi toksisitas partikulat menurut Wardoyo (2016:58-64), yaitu :

#### a. Komposisi Kimia

Diketahui komposisi kimia partikulat merupakan penentu efek toksik yang ditimbulkan terhadap tubuh. Komposisi kimia dari PM<sub>10</sub> yaitu terdapat Pb, Br, C, Ti, V, Mn, dan sebagainya yang merupakan hasil dari asap pembakaran kendaraan bermotor. Komposisi kimia dari PM<sub>2,5</sub> yaitu terdapat *high sulfur*, *meat cooking*, *gasoline*, *wood burning*, *diesel*, *shipping*, *lead*, *nickel*, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk komponen PM<sub>0,1</sub> atau yang disebut juga sebagai *partikulat ultrafine* terdiri dari logam penyusun yang hampir sama dengan PM<sub>2,5</sub> namun dengan satuan konsentrasi yang berbeda yaitu (ng/m<sup>3</sup>).

#### b. Ukuran Partikulat

Ukuran dan deposisi partikulat yang terhirup merupakan faktor utama dari tingkat bahaya partikulat dapat memasuki saluran pernapasan. Partikulat dengan ukuran besar akan terdeposisi di hidung dan menimbulkan efek toksik. Sedangkan partikulat dengan ukuran kecil dapat terdeposisi di saluran pernafasan bronkiolus

hingga pada mencapai alveoli. Partikulat dengan ukuran 4,7 – 10  $\mu\text{m}$  dapat terdesposisi pada daerah ekstratorak, yaitu bagian hidung depan, rongga hidung, dan tekak. Sedangkan partikulat dengan ukuran 0,43 – 1,1  $\mu\text{m}$  dapat terdesposisi pada daerah alveolar interstisial, yaitu bronkiolus pernafasan hingga alveolus.

#### 2.2.4 Dampak *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) terhadap Keluhan Pernafasan

*Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) merupakan partikulat debu atau polutan di udara dengan rangkaian kompleks dari proses alami ataupun hasil pembakaran yang berukuran lebih kecil dari 2,5 mikrometer. PM<sub>2,5</sub> memiliki bentuk campuran dari partikel padat dan tetesan cairan udara. Ukuran partikulat merupakan penentu kedalaman deposisi dan efek toksik yang ditimbulkan di saluran pernafasan. Partikulat dengan ukuran 2,1-3,3  $\mu\text{m}$  diketahui dapat terhirup dan masuk hingga bagian bronkus sekunder atau cabang bronkus. Partikulat dengan ukuran 1,1-2,1  $\mu\text{m}$  dapat terhirup masuk saluran pernafasan hingga pada bagian bronkiolus terminal. Partikulat dengan ukuran 0,65-1,1  $\mu\text{m}$  dapat memasuki paru-paru hingga bronkiolus pernafasan. Partikulat dengan ukuran 0,43-0,65  $\mu\text{m}$  diketahui mampu masuk hingga dapat terdesposisi pada alveolus dan pembuluh darah alveolar. (Wardoyo, 2016:48-63). Oleh karena itu menurut Prabowo dan Muslim (2018:45), pengaruh partikulat terhadap kesehatan sangat berbahaya meskipun kadar atau konsentrasi di udara sangat kecil, namun partikulat dapat menetap lama dan mampu mempengaruhi jaringan-jaringan di paru-paru.

Efek negatif partikulat terhadap kesehatan seperti iritasi mata, infeksi saluran pernafasan, hingga dapat menyebabkan kanker paru. Menurut Amman *et al.*, dalam Mukono (2014:49-50) terdapat beberapa gejala negatif bagi kesehatan akibat dari paparan partikulat, yaitu:

1. Iritasi kimia dan fisik terhadap jaringan syaraf
2. Menurunkan fungsi mekanisme pernafasan
3. Gangguan pernafasan dan penyakit kardiovaskular
4. Mengurangi *particle clearance* dan menurunkan daya tahan tubuh
5. Perubahan morfologi jaringan paru

## 6. Bersifat karsinogenesis

Paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dapat menyebabkan berbagai efek terhadap kesehatan dalam paparan jangka panjang dan pendek. Paparan jangka panjang merupakan paparan yang terjadi dalam waktu bertahun-tahun di daerah dengan tingkat partikulat yang tinggi dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti terjadinya kematian dini terutama pada seseorang dengan kondisi memiliki penyakit jantung dan paru-paru kronis, penurunan fungsi jantung, Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK), dan menghambat pertumbuhan serta perkembangan organ paru-paru pada anak. Paparan jangka pendek akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) yaitu berbagai masalah kesehatan yang dapat terjadi dalam durasi jam hingga hari, yaitu gejala pernafasan, bronkritis akut, serangan asma, terjadinya peningkatan rawat inap di Rumah Sakit dikarenakan penyakit jantung dan paru-paru yang semakin memburuk (Randolph, 2023). Beberapa gejala gangguan kesehatan yang dapat di alami akibat paparan partikulat bahkan pada orang sehat sekalipun, yaitu iritasi pada mata, iritasi hidung, batuk, batuk dahak, sesak dada, dan sesak napas (US EPA, 2022:2). Berikut merupakan indeks kualitas udara untuk pencemaran partikel.

Tabel 2. 2 Indeks Pencemaran Partikel di Udara

Indeks Kualitas Udara	Kualitas Udara	Anjuran Kesehatan
0-50	Baik	-
51-100	Sedang	Rentan terhadap orang sensitif sehingga harus mempertimbangkan untuk aktivitas yang berkepanjangan di wilayah tersebut.
101-150	Tidak Sehat (Kelompok sensitif)	Rentan terhadap orang dengan penyakit jantung, paru, lansia, dan anak-anak yang beraktivitas berkepanjangan di wilayah tersebut.
151-200	Tidak Sehat	- Orang dengan penyakit jantung, paru, lansia, dan anak-anak harus menghindari aktivitas di wilayah tersebut. - Semua orang (orang sehat) harus mengurangi aktivitas

Indeks Kualitas Udara	Kualitas Udara	Anjuran Kesehatan
		berkepanjangan di wilayah tersebut.
201-300	Sangat Tidak Sehat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orang dengan penyakit jantung, paru, lansia, dan anak-anak harus menghindari aktivitas di wilayah tersebut.</li> <li>- Semua orang (orang sehat) harus mengurangi aktivitas berkepanjangan di wilayah tersebut</li> </ul>

Sumber : US EPA (2022)

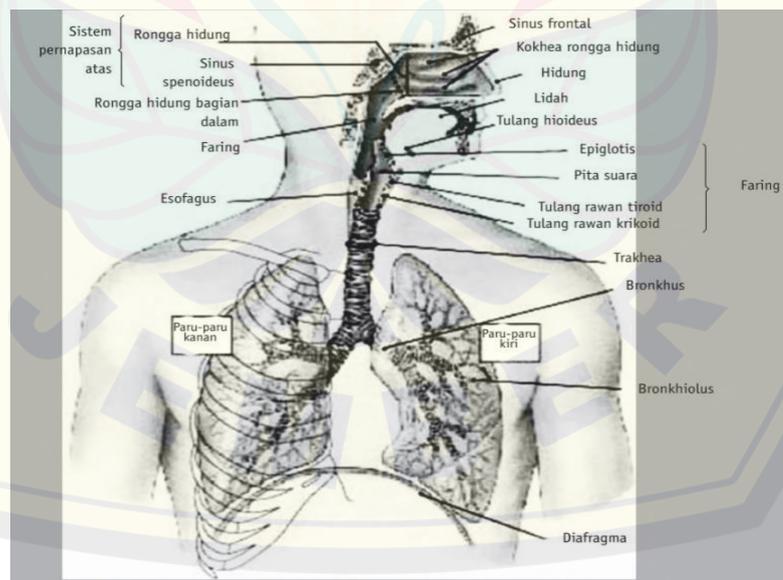
Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan baku mutu udara ambien nasional dengan parameter *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) sebesar 55 µg/m<sup>3</sup>. Selain itu menurut Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 8 Tahun 2022 tentang Penyediaan dan Penyebaran Informasi Kualitas Udara menjelaskan beberapa kategori *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara ambien pada rentang konsentrasi perjam, yaitu kategori baik sebesar 0-15,5 µg/m<sup>3</sup>, kategori sedang sebesar 15,6-55,4 µg/m<sup>3</sup>, kategori tidak sehat sebesar 55,5-150,4 µg/m<sup>3</sup>, kategori sangat tidak sehat sebesar 150,5-250,4 µg/m<sup>3</sup>, dan kategori berbahaya sebesar >250,4 µg/m<sup>3</sup>. Peningkatan bahan polutan partikel debu di udara ambien hingga melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan dan mengalami paparan secara terus-menerus tentu dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti iritasi mata, radang saluran pernapasan, sembab paru, bronkitis kronis, emfisema, dan kelainan paru menahun (Mukono, 2003:2). Terdapat penelitian terkait dampak paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dengan kejadian kematian, yaitu menyebabkan kematian sebesar 17% pada peningkatan konsentrasi 24,5 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>) di udara (Wardoyo, 2016:123).

## 2.3 Keluhan pada Sistem Pernafasan Manusia

### 2.3.1 Sistem Pernafasan Manusia

Sistem pernafasan atau dapat disebut dengan sistem respirasi yaitu proses penyediaan oksigen ( $O_2$ ) yang berasal dari atmosfer untuk tubuh dan proses dalam mengeluarkan karbon monoksida ( $CO_2$ ) dari sel tubuh. Sistem pernafasan pada manusia merupakan suatu proses pendistribusian udara oleh tubuh yang berfungsi sebagai pertukaran antara masuknya gas oksigen dan dikeluarkannya karbon dioksida dari sel-sel tubuh. Karena penyebaran sel-sel tubuh sangat luas dan jauh dari pertukaran gas, maka udara harus bertukaran dengan darah terlebih dahulu kemudian darah bersirkulasi dan berakhir dengan pertukaran gas oleh darah dan sel. Selama proses bernafas, sistem pernafasan juga berfungsi dalam proses menyaring, menghangatkan, serta melembabkan udara yang masuk.

Sistem pernafasan atau respirasi pada manusia terbagi atas dua bagian, yaitu saluran pernafasan atas dan saluran pernafasan bawah. Saluran pernafasan atas merupakan bagian dari luar rongga dada, yaitu udara yang masuk melalui hidung, membrane mukosa hidung (kavitas nasalis), faring, laring, dan trakea. Saluran pernafasan bawah terdiri dari beberapa organ dalam rongga dada, yaitu trakea bagian bawah dan paru-paru (bronchial dan alveoli) (Safrida, 2020:180-187).



Sumber: Simon dan Schuster, 2003 dalam Muttaqin, 2008

Gambar 2. 1 Sketsa struktur sistem pernafasan

### 2.3.2 Keluhan Pernafasan

Proses pernafasan merupakan hal penting dalam keberlangsungan hidup manusia, karena memiliki peran mempertahankan metabolisme sel agar menghasilkan energi. Gangguan pernafasan pada tubuh manusia dapat menyebabkan persediaan oksigen dalam jaringan sel tidak kuat sehingga dapat mengganggu fungsi metabolisme. Gangguan pernafasan dapat terjadi pada manusia oleh berbagai penyebab, seperti infeksi kuman, jamur, ataupun zat allergen lain (Khotimah *et al.*, 2022:1). Gangguan pernafasan merupakan keluhan yang dirasa atau ada pada saluran pernafasan akibat dari paparan polutan, sehingga apabila seorang individu mengalami keterpaparan polutan dalam waktu yang cukup lama, maka adanya kemungkinan keluhan pernafasan semakin besar (Putri, 2020:16). Berikut ini merupakan penjelasan dari berbagai keluhan yang timbul pada sistem pernafasan manusia (Rauf *et al.*, 2021:119-123):

#### a. Batuk

Batuk merupakan kondisi refleks dalam pertahanan tubuh yang terjadi akibat iritasi percabangan trakeobronkial. Batuk biasanya terjadi akibat dari rangsangan mekanik, kimia, dan peradangan ketika proses inhalasi atau penghirupan asap, debu, serta benda asing kecil (Rauf *et al.*, 2021:119-120). Berikut mekanisme refleks batuk, yaitu:

1. Ketika proses inspirasi udara menuju paru-paru, epiglotis menutup glottis dan pita suara tertutup rapat guna menahan udara dalam paru-paru
2. Otot abdomen dan interkostalis interna berkontraksi kuat dengan menekan kuat sekat rongga tubuh karena peningkatan tekanan intra alveolar
3. Epiglotis dan pita suara mengalami pembukaan karena ekspirasi kuat mendadak
4. Udara dengan cepat melalui bronkus besar dan trakea, kemudian benda asing dapat terbawa keluar.

b. Batuk berdahak

Dahak atau sputum yang keluar melalui proses batuk merupakan mukus yang tertimbun pada saluran pernafasan akibat dari pembentukan secara berlebihan. Kondisi mukus yang berlebih disebabkan oleh gangguan fisik, kimia, ataupun infeksi membrane mukosa. Secara normal, mukus di saluran pernafasan pada manusia dihasilkan setiap harinya sebanyak 100 ml yang kemudian diangkut ke faring dengan gerakan pembersihan normal silia yang melapisi saluran pernafasan. Namun, pembentukan mukus yang meningkat dalam jangka waktu bertahun-tahun dapat menjadi suatu pertanda terjadinya bronkhitis atau bronkiektasis (Rauf *et al.*, 2021:120-121).. Warna pada sputum yang dikeluarkan oleh seseorang memiliki berbagai indikasi tergantung pada warnanya, berikut beberapa warna dan indikasi pada sputum:

1. Sputum berwarna kuning menunjukkan indikasi terjadinya infeksi pada saluran pernafasan
2. Sputum berwarna hijau menunjukkan penimbunan nanah pada saluran pernafasan karena leukosit polimorfonuklear (PMN) menghasilkan verdoperoksidase dalam sputum.
3. Sputum berwarna merah muda dan disertai dengan busa menunjukkan adanya edema atau pembengkakan paru akut
4. Sputum berwarna abu abu serta memiliki tekstur lengket dan berlender merupakan tanda dari terjadinya bronkhitis kronik
5. Sputum berwarna abu dan disertai dengan aroma busuk merupakan tanda terjadinya abses paru atau bronkiektasis

c. Hemoptisis atau batuk darah

Batuk darah atau batuk yang disertai dengan keluarnya sputum yang berdarah dari saluran pernafasan. Keluarnya darah diakibatkan oleh pecahnya pembuluh darah pada saluran pernafasan bawah. Awal gejala yang biasanya dapat dirasakan yaitu rasa gatal pada tenggorokan, kemudian dilanjut dengan rasa ingin batuk sehingga darah dikeluarkan melalui proses batuk (Muttaqin, 2008:36).

d. Dispnea atau sesak nafas

Sesak nafas pada keadaan orang normal merupakan kondisi yang dapat terjadi akibat dari kegiatan fisik dengan tingkat yang berbeda atau adanya peningkatan kerja pernafasan akibat resistensi elastic paru maupun dinding dada, sehingga terjadinya sesak nafas tidak selalu menandakan adanya suatu indikasi penyakit pada seseorang (Rauf *et al.*, 2021:121-122). Berikut beberapa penyebab sesak nafas atau *dyspnea* pada seseorang, yaitu:

1. Reseptor mekanik otot pernafasan, paru-paru, dan dinding dada
2. Kemoreseptor tegangan karbon dioksida dan oksigen
3. meningkatnya kerja pernafasan sehingga mengakibatkan peningkatan pada rasa sesak nafas

e. Nyeri dada

Nyeri dada merupakan nyeri yang dirasakan seperti teriris benda tajam, diperberat oleh batuk, serta bersin dan tarikan nafas yang dalam. Nyeri dada dapat terjadi oleh banyak penyebab, namun nyeri yang terjadi pada paru biasanya adalah nyeri pleura. Nyeri pleura merupakan nyeri yang bersumber dari lapisan parietalis karena adanya perlekatan dengan pleura viseralis. Nyeri ini diperkirakan memiliki penyebab utama yaitu terjadinya infeksi pada paru atau infark (Rauf *et al.*, 2021:123).

f. Iritasi Hidung atau Rhinitis

Rhinitis merupakan kondisi pada mukosa hidung yang mengalami inflamasi akibat adanya paparan alergen yang ditandai dengan terjadinya hidung gatal, hidung tersumbat, bersin, dan rinorea (Rauf *et al.*, 2021:113).

g. Nyeri tenggorokan

Nyeri tenggorokan atau faringitis merupakan inflamasi yang terjadi pada saluran pernafasan (tonsil, palatum dan uvula) akibat dari infeksi virus, bakteri, atau fungus. Faringitis biasanya memiliki keluhan seperti kesulitan menelan, demam, malaise, batuk, peningkatan sel darah putih. Faringitis kronis sering dialami oleh peokok, pekerja pada lingkungan yang berdebu, atau menggunakan suara yang berlebih (Rauf *et al.*, 2021:112).

### 2.3.3 Faktor Individu yang Mempengaruhi Timbulnya Keluhan Pernapasan

#### a. Usia

Proses penambahan usia merupakan penyebab perubahan biologis tubuh yang berkaitan pada kerentanan terhadap penyakit. Penambahan usia seseorang dapat menyebabkan penurunan kemampuan serta fungsi pada paru-paru. Beberapa perubahan struktur dan anatomi paru sebagai akibat dari penambahan usia, yaitu hilangnya serabut elastin, penurunan kekuatan otot pernafasan (inspirasi dan ekspirasi), diameter bronkiolus mengalami pengecilan, pembesaran *airspace* terminal, jumlah pori-pori khon mengalami penambahan, dan jumlah kapiler per alveolus mengalami pengurangan. Sehingga penambahan usia diketahui dapat menyebabkan penurunan efisiensi dan gangguan pernafasan. Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab gangguan pernafasan, yaitu paparan lingkungan seperti paparan polusi udara akibat debu, asap rokok, kendaraan bermotor, dan infeksi pernafasan (Hasan dan Arusita, 2017:52-55). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Purnomo dan Anwar (2015:185), memperoleh hasil terkait adanya hubungan bermakna antara usia seseorang dengan gejala penyakit saluran pernafasan.

#### b. Jenis Kelamin

Berdasarkan studi epidemiologi yang dilakukan oleh Redline & Weiss dalam Mukono (2003:67), laki-laki memiliki risiko lebih besar dan peka untuk menderita penyakit saluran pernafasan hingga mengalami Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) dari pada wanita. Hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti perbedaan genetik, jumlah rokok yang dihisap, atau terjadinya pencemaran pada tempat kerja yang dialami. Selain itu menurut Firmanto *et al.*, (2019:237), laki-laki memiliki kebutuhan oksigen yang berbanding lurus dengan laju respirasi. Hal ini membuat laki-laki lebih rentan dalam menerima atau menghirup *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara sehingga menyebabkan laki-laki lebih berisiko mengalami keluhan sistem pernafasan.

#### c. Durasi Paparan Partikel Debu

Gangguan pernafasan dapat terjadi dan memiliki kaitan erat dengan waktu paparan partikel debu yang terhirup. Hal ini dapat terjadi diakibatkan karena ukuran

debu yang semakin kecil dapat masuk mendalam di paru-paru sehingga menyebabkan menurunnya kemampuan tubuh untuk mengeluarkan partikel debu yang masuk. Paparan PM<sub>2,5</sub> jangka pendek (hingga durasi 24 jam), telah dikaitkan dengan beberapa dampak buruk terhadap kesehatan, seperti kematian dini, serangan asma, peningkatan rawat inap karena penyakit jantung ataupun paru-paru, kunjungan ruang gawat darurat, gejala pernafasan, dan pembatasan aktivitas (Randolph, 2023). Oleh karena itu, semakin lama seseorang berada di wilayah tinggi partikel debu maka memiliki risiko besar terhadap asupan berbahaya yang di terima tubuh yaitu partikel dapat mengendap dan tertinggal di dalam paru-paru (Firmanto *et al.*, 2019:238).

d. Lama Paparan Partikel Debu

Lama paparan merupakan waktu lamanya seseorang mengalami paparan dalam jumlah tahun. Menurut Suma'mur (2009) dalam Musfirah dan Rangkuti (2018:139), waktu lamanya seseorang terpapar polutan merupakan salah satu variable potensial yang dapat berpotensi menimbulkan gangguan pada fungsi paru, sehingga mengartikan bahwa lama masa kerja seseorang memiliki potensi atau risiko semakin besar terhadap polutan. Secara kronis, lama paparan partikel debu akan mengganggu mukosa penglihatan, menyebabkan iritasi kulit, peningkatan prevalensi bronchitis kronis, dan menyebabkan penurunan pada fungsi paru. Peningkatan prevalensi bronchitis kronis dan penurunan fungsi paru akibat lamanya paparan partikel debu terhadap seseorang merupakan faktor predisposisi terjadinya Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) (Mukono, 2003:126).

e. Penggunaan Masker

Penggunaan masker sebagai Alat Pelindung Diri (APD) merupakan suatu alat yang digunakan dengan tujuan untuk melindungi diri dari paparan polutan yang mudah terhirup (Christiani, 2017:41). Menurut Albyn *et al.*, (2022:160) penggunaan alat pelindung diri diketahui tidak dapat secara sempurna dalam melindungi tubuh, namun mampu mengurangi tingkat keparahan yang mungkin terjadi apabila mengalami atau berada pada lingkungan yang berbahaya. Sehingga penggunaan masker pada seseorang dapat memperlambat paparan PM<sub>2,5</sub> yang terhirup masuk ke tubuh dan dapat mengurangi efek dari paparan tersebut.

## f. Status Merokok

Perokok aktif memiliki keterkaitan erat dengan prevalensi penurunan fungsi paru. Selain itu, diketahui perokok aktif menyumbang angka mortalitas akibat Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) lebih besar apabila dibandingkan dengan bukan perokok aktif. Perokok aktif diketahui dapat mengalami perubahan biokimia pada saluran pernapasan yang berawal dari terjadinya peningkatan jumlah sel neutrofil. Akibat peningkatan jumlah sel neutrophil tersebut dapat membuat etalase meningkat hingga mengakibatkan alfa-1 antitripsin menurun, aktivitas oksidan meningkat, dan mekanisme antioksidasi menurun. Hal tersebut membuat penurunan daya elastisitas dan memungkinkan terjadinya Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) (Mukono, 2003:67).

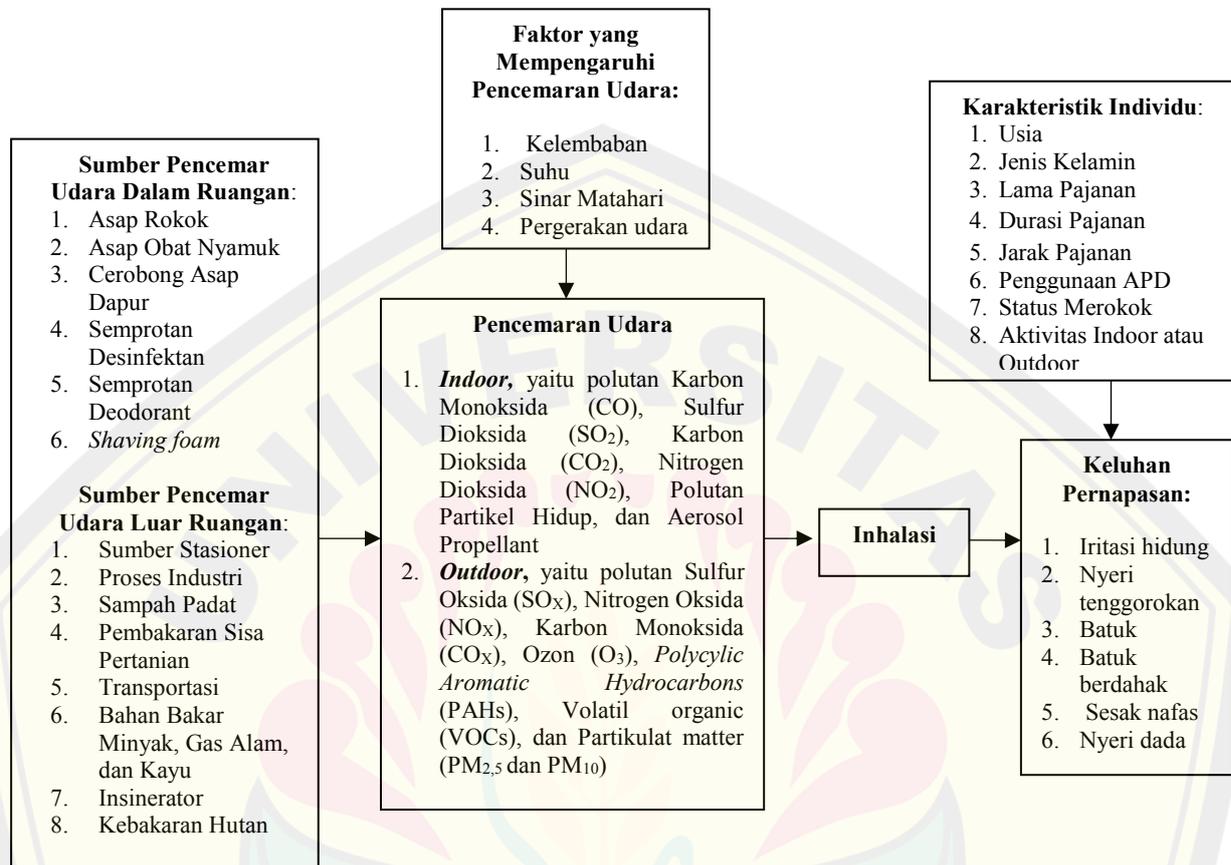
## g. Jarak Paparan Partikel Debu

Jarak paparan partikel debu atau jarak rumah responden dengan jalan raya sebagai sumber pencemar merupakan faktor risiko terjadinya infeksi pada saluran pernafasan. Hal ini disebabkan karena keberadaan masyarakat yang semakin dekat dengan sumber pencemar memiliki kesempatan untuk menghirup udara yang telah terkontaminasi lebih besar (Bakri, 2013:87-88). Terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa masyarakat yang tinggal dengan jarak atau radius 100-250m dari sumber pencemar memiliki risiko 5,8 kali lebih besar apabila dibandingkan dengan masyarakat yang tinggal pada radius 300-500m dari sumber pencemar (Daud dan Sedionoto, 2010:132).

h. Aktivitas *Outdoor* dan *Indoor*

Kepmenkes Republik Indonesia Nomor 1022/MENKES/SK/XI/2008 tentang Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif menjelaskan bahwa polusi udara dapat terjadi di dalam dan luar ruangan. Secara umum *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dapat menimbulkan gangguan pernafasan dari pengaruh udara luar dan dalam ruangan sebagai akibat dari aktivitas atau kegiatan manusia tersebut. *Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dapat masuk dan mengendap di saluran pernafasan dan menimbulkan penurunan fungsi paru seperti penurunan volume ekspirasi paksa detik pertama (VEP1) dan rasio VEP2.

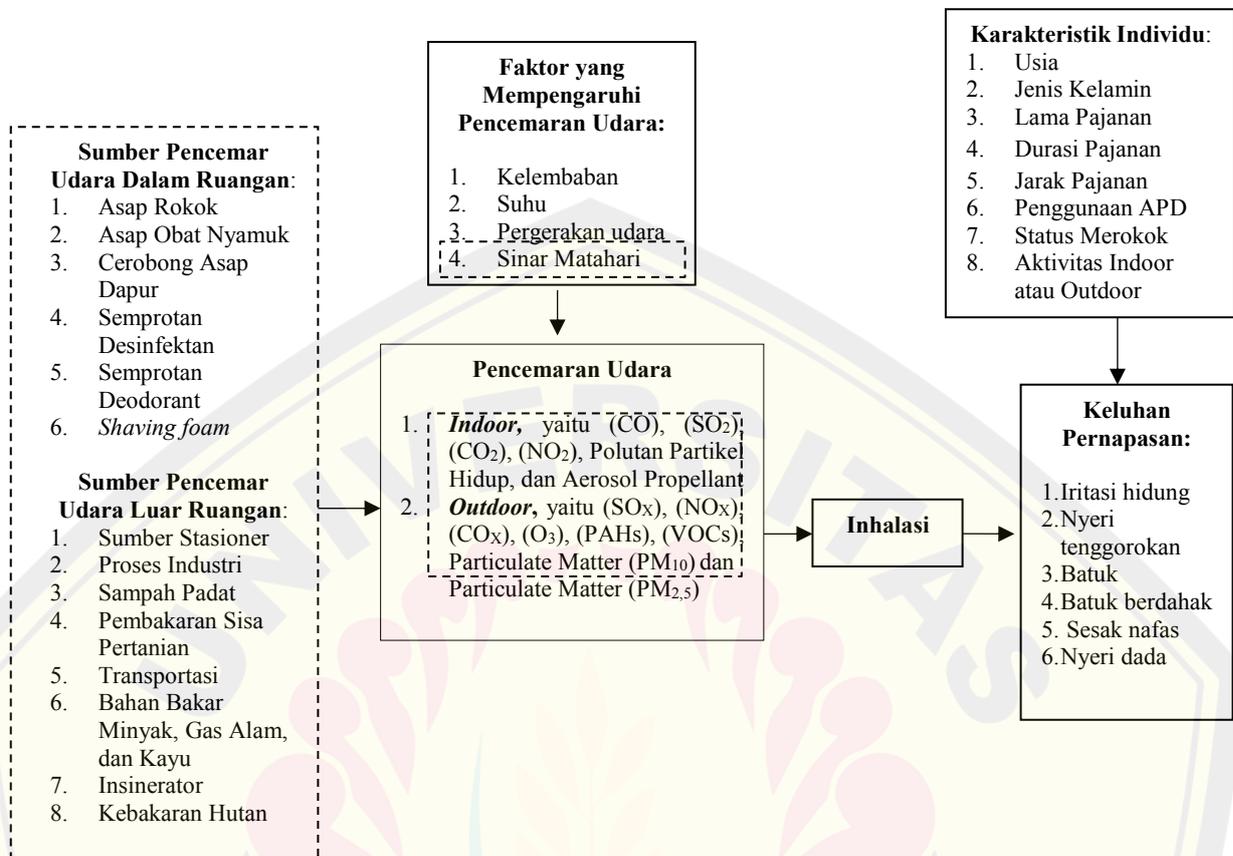
## 2.4 Kerangka Teori



Gambar 2. 2 Kerangka Teori

Kerangka teori ini dimodifikasi dari: Mukono (2003), Wardoyo (2016), Christina (2017), dan US EPA (2022).

## 2.5 Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep

Keterangan :

————— : variabel yang diteliti

----- : variabel yang tidak diteliti

Kerangka konsep di atas dibuat dengan mengacu bahwa variabel terikat (*dependent*) yaitu keluhan pada saluran pernapasan seperti iritasi hidung, nyeri tenggorokan, batuk, batuk berdahak, sesak napas, dan nyeri dada dapat dipengaruhi oleh variabel bebas (*independent*), yaitu kadar *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dan faktor individu atau karakteristik responden seperti faktor usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, lama paparan, durasi paparan, jarak paparan, penggunaan masker sebagai Alat Pelindung Diri, serta aktivitas *indoor* dan *outdoor*.

Selain itu diketahui terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi pencemaran di udara seperti kelembaban, suhu, pergerakan udara (arah dan kecepatan angin). Pencemaran udara *outdoor* dapat disebabkan oleh sektor transportasi yaitu pembakaran tidak sempurna dari kendaraan bermotor yang dapat menghasilkan beberapa polutan salah satunya ialah PM<sub>2,5</sub>. Menurut US EPA (2022), dampak kesehatan jangka pendek pada paparan PM<sub>2,5</sub> bahkan pada seseroang dengan keadaan sehat dapat menyebabkan beberapa gejala pada pernapasan.



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada penelitian ini ialah penelitian kuantitatif dengan desain deskriptif dan pedekatan *cross sectional*. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang dilakukan secara konkrit, obyektif terukur, rasional dan sistematis yang berguna dalam menjawab pertanyaan penelitian. Penelitian kuantitatif memperoleh hasil data berupa angka-angka yang kemudian dianalisis menggunakan metode statistika. Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan tujuan untuk memberikan gambaran ataupun deskripsi pada setiap fenomena yang terjadi di suatu populasi tertentu (Masturoh dan Anggita, 2018:128). Penelitian dengan desain deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan kondisi udara ambien dengan parameter  $PM_{2,5}$  dan keluhan pernapasan yang dirasakan oleh masyarakat yang beraktivitas di sekitar ruas Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember. Menurut Swarjana (2016:54), pendekatan *cross sectional* merupakan penelitian yang pada saat pengumpulan data dilakukan pada satu titik waktu.

#### 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

##### 3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi pada penelitian ini dilakukan di sepanjang Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember.

##### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2022 yang diawali dengan penyusunan proposal, seminar proposal, pengumpulan data atau penelitian, hingga penyusunan hasil pembahasan.

### 3.3 Penentuan Populasi dan Sampel

#### 3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang didalamnya terdapat objek maupun subjek dengan kualitas serta karakteristik yang telah peneliti tetapkan untuk dipelajari hingga akhirnya memperoleh kesimpulan. Sehingga dapat diartikan populasi merupakan seluruh unsur yang menjadi objek dalam penelitian (Masturoh dan Anggita, 2018:164). Populasi dalam penelitian ini merupakan lokasi pengukuran konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di udara ambien dan masyarakat yang beraktivitas di sekitar ruas Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember.

#### 3.3.2 Sampel Penelitian

##### a. Sampel Masyarakat

Sampel merupakan sebagian dari populasi yang dipilih dengan cara tertentu sehingga dianggap mewakili populasi dan dapat ditarik kesimpulan (Masturoh dan Anggita, 2018:166). Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* atau sampling purposif yaitu merupakan suatu teknik dalam menentukan sampel dari populasi yang berdasarkan atas pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2016:85). Menurut Masturoh dan Anggita (2018:183) sampling purposif merupakan penarikan sampel yang dilakukan berdasar pada pemilihan subjek dengan karakteristik yang dianggap berkaitan dengan populasi yang sebelumnya telah diketahui. Penentuan besar sampel pada penelitian ini menggunakan rumus berikut ini (Swarjana, 2016:85):

$$n = \frac{Z\alpha^2 P (1-P)}{e^2}$$

$$n = \frac{(1,645)^2 (0,5)(1-0,5)}{0,1^2}$$

$$n = \frac{0,676}{0,01}$$

$$n = 67,6 \text{ dibulatkan } \Rightarrow 68 \text{ responden}$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

Z = nilai pada tingkat kepercayaan 90% = 1,645

p = nilai proporsi = 0,5

e = nilai presisi atau sampling error = 10%

Pengambilan sampel dalam penelitian ini, penulis menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi, yaitu:

1) Kriteria Inklusi

- a) Responden merupakan masyarakat yang tinggal dan beraktivitas pada lokasi penelitian yaitu Jl. Trunojoyo
- b) Responden termasuk dalam usia produktif yaitu 15-64 tahun

2) Kriteria Eksklusi

- a) Responden memiliki riwayat penyakit paru

b. Sampel Lingkungan

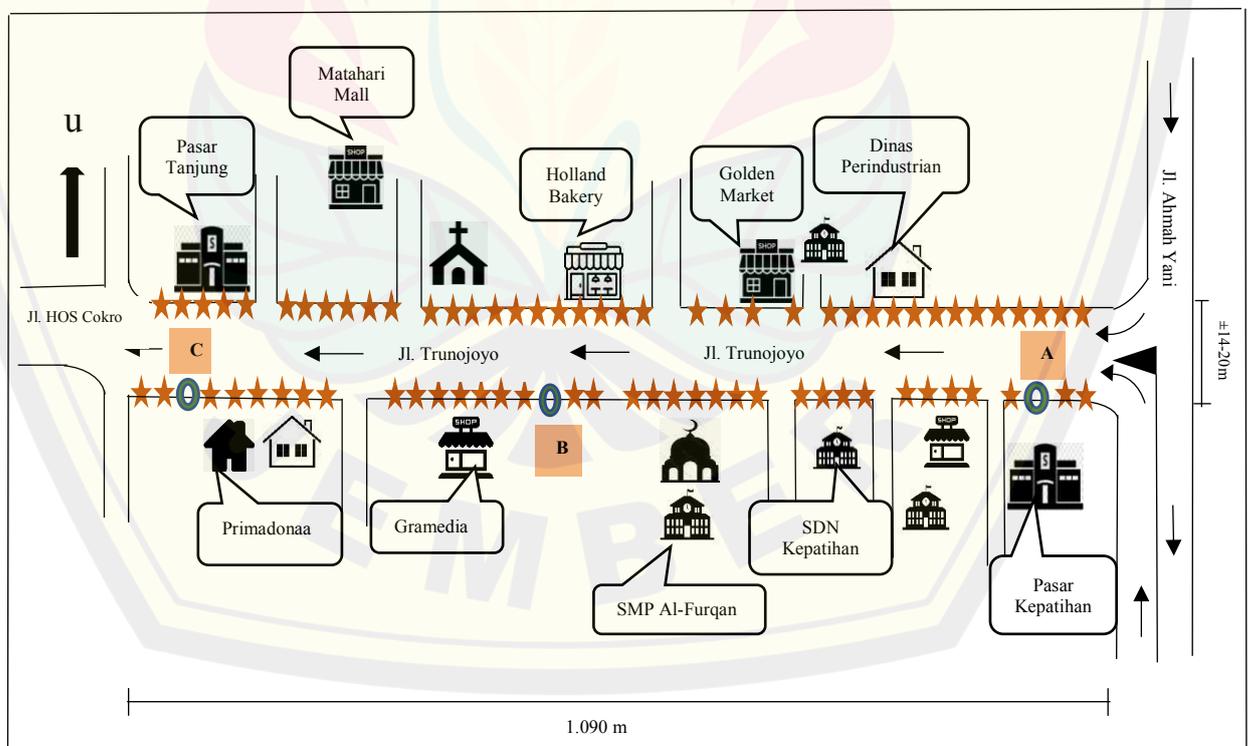
Penelitian ini terdapat sampel lingkungan yaitu sebanyak tiga titik lokasi di Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember. Penentuan jumlah titik sampel pada penelitian ini berdasarkan pada saran titik minimum pemantauan udara ambien yaitu dua titik dengan mempertimbangkan daerah pemukiman ataupun lokasi-lokasi spesifik (DLHK Banten, 2022). Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dengan menggunakan alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base* di lokasi pengukuran udara ambien. Pengukuran dilakukan dalam beberapa waktu yang kemudian hasil akan di konversikan menjadi 24 jam. Penentuan pengukuran dalam waktu 24 jam berdasarkan pada Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VII. Konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien diukur oleh laboran Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

### 3.3.3 Teknik Pengukuran Sampel Udara

Penelitian ini terdapat beberapa tahapan dalam pengukuran sampel udara ambien sebagai berikut:

- 1) Penentuan titik pengukuran sampel udara ambien berdasarkan SNI 19-7119.9-2005 tentang Udara Ambien: Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside sebagai berikut:
  - a) Prinsip dalam pemilihan lokasi beserta penentuan titik pengambilan sampel udara harus mewakili daerah penelitian sehingga akan diperoleh hasil data pengukuran yang menggambarkan kondisi kualitas udara pada daerah tersebut;
  - b) Peletakan alat uji di tempat beraliran bebas, aman (bebas dari pengganggu fisika), dan tidak terpengaruh peristiwa adsorpsi maupun absorpsi;
  - c) Letakan alat uji pada daerah terbuka yaitu dengan keadaan gedung atau bangunan yang tidak tinggi serta berjarak cukup berjauhan;
  - d) Letakan alat uji pada jarak 1 hingga 5 meter dari pinggir/tepi jalan dan memiliki posisi ketinggian 1 hingga 3 meter dari permukaan jalan;

Berikut merupakan denah wilayah pengambilan sampel udara ambien di Jl. Trunojoyo wilayah perkotaan Kabupaten Jember.



Gambar 3. 1 Denah Lokasi Pengambilan Sampel Udara di Jl. Trunojoyo

Keterangan:

 : Lokasi pengambilan sampel udara

 : Lokasi responden

Berdasarkan gambar 3.1 diketahui pada Jl. Trunojoyo memiliki panjang jalan sekitar 1.090m dan lebar jalan 14-20m untuk satu arah arus lalu lintas kendaraan. Pemilihan titik lokasi pengukuran penelitian ini berdasar pada asumsi kemungkinan bahan pencemar tinggi akibat banyaknya kendaraan dan berdasar pada banyaknya aktivitas masyarakat sebagai responden penelitian. Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran sampel udara sebanyak tiga titik, yaitu A, B, dan C. Berikut merupakan penjelasan terkait lokasi titik pengambilan sampel udara:

1. Titik A berlokasi di awal jalan pada Jl. Trunojoyo yang merupakan titik temu kendaraan dari arah utara dan selatan Jl. Ahmad Yani, sehingga sering kali menimbulkan kemacetan jalan akibat padatnya kendaraan yang melintas. Lokasi pengukuran sampel udara akan dilakukan di antara depan Bank BPR dan Erafone sebelum gapura pasar kepatihan. Hal ini berdasar pada kondisi letak bangunan dan pepohonan yang ada di tepi jalan. Total lebar jalan pada titik A ialah 13,06m yang kemudian dimanfaatkan sebagai lahan parkir sekitar 3m dari tepi jalan.
2. Titik B berlokasi di pertengahan Jalan Trunojoyo yang terdapat banyak pertokoan sehingga menjadikan tepi kiri jalan sebagai wilayah parkir. Lokasi pada titik B akan dilakukan di antara depan toko Smile dan Gramedia, penentuan ini berdasar pada keberadaan pepohonan dan letak bangunan yang berada di tepi jalan Total lebar jalan pada titik B ialah 14,45m, namun dimanfaatkan sebagai wilayah parkir sekitar 3m dari tepi jalan.
3. Titik C berlokasi di akhir Jalan Trunojoyo yang terdapat banyak pertokoan dan pasar induk Kabupaten Jember, sehingga karena hal ini dapat menimbulkan kepadatan kendaraan. Lokasi pada titik C akan dilakukan di sekitar depan Primadona seberang pasar Tanjung. Total lebar jalan pada titik

C ialah 14,68m, namun terdapat sekitar 3m dari tepi jalan dimanfaatkan sebagai lahan parkir.

Waktu pengukuran sampel udara penelitian ini dilakukan dalam waktu 24 jam yang tertera pada Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VII. Waktu pengukuran sampel udara terhadap 3 titik lokasi akan dilaksanakan menjadi lima waktu yang kemudian hasilnya akan dikonversikan ke dalam 24 jam, yaitu dini hari, pagi, siang, sore, dan malam. Pembagian waktu pada pengukuran yang akan dilakukan berdasarkan pada pertimbangan bahwa waktu tersebut merupakan waktu padat aktivitas transportasi atau kendaraan di jalan. Berikut merupakan penjabaran terkait waktu pengukuran sampel udara:

Tabel 3. 1 Tabel waktu pengukuran sampel udara

No.	Lokasi	Waktu
1.	Titik A	02.00-04.00
		07.00-09.00
		11.30-13.30
		16.00-18.00
		20.00-22.00
2.	Titik B	02.00-04.00
		07.00-09.00
		11.30-13.30
		16.00-18.00
		20.00-22.00
3.	Titik C	02.00-04.00
		07.00-09.00
		11.30-13.30
		16.00-18.00
		20.00-22.00

- 2) Prosedur pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) menggunakan alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base* dan pengukuran meterologis seperti suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin menggunakan alat *kestrel 5500 weather meter*. Berikut merupakan tahapan pengukuran sampel udara ambien:

- a) Prosedur pengukuran suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin

1. Siapkan alat ukur *kestrel 5500 weather meter*
2. Letakan alat ukur atau pemantau meterologis 1,5 - 2 meter dari permukaan tanah
3. Lakukan pengukuran dengan menyalakan alat ukur *kestrel 5500 weather meter*
4. Perhatikan alat ukur dan catat keterangan atau hasil yang ditampilkan pada alat yaitu terkait suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin



Sumber: Koleksi pribadi

Gambar 3. 2 Alat *Kestrel 5500 Weather Meter*

- b) Prosedur pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>)
1. Peletakkan alat ukur alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base* berdasarkan pada hasil arah angin yang telah di ketahui;
  2. Meletakkan alat ukur berdasarkan pada posisi dan lokasi yang telah ditentukan yaitu sesuai dengan SNI 19-7119.9-2005 tentang Udara Ambien: Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside;

3. Melakukan pencatatan waktu dan tanggal pengukuran pada lembar atau form hasil pengukuran kualitas udara;
4. Memulai pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dengan menekan tombol ON untuk menyalakan alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base*;
5. Pengukuran dilakukan selama 30 menit;
6. memperhatikan alat ukur dan mencatat keterangan atau hasil yang ditampilkan pada alat yaitu konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>), dengan ketentuan dibawah baku mutu apabila hasil <55 µg/m<sup>3</sup>;
7. Menekan tombol OFF pada alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base* untuk mematikan alat apabila telah selesai digunakan;



Sumber : Koleksi Pribadi

Gambar 3. 3 Alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base*

### 3.4 Variabel dan Definisi Operasional

#### 3.4.1 Variabel Penelitian

Variabel merupakan karakteristik subjek penelitian yang berubah dari satu subjek ke subjek yang lain sehingga variable diletakan dalam konteks penelitian (Sastroasmoro dan Ismael, 2014:301). Variabel bermakna pengertian ciri, sifat atau ukuran seseorang atau sesuatu yang dapat menjadi pembeda antara satu dengan yang lain (Masturoh dan Anggita, 2018:90). Variable pada penelitian ini yaitu karakteristik individu (usia, jenis kelamin, durasi pajanan, lama pajanan, jarak pajanan, penggunaan masker, kebiasaan merokok, aktivitas *indoor* atau *outdoor*) konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>), dan keluhan saluran pernapasan akibat paparan (PM<sub>2,5</sub>).

#### 3.4.2 Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan definisi variabel yang akan diteliti dengan tujuan untuk memberi kemudahan pada peneliti dalam melaksanakan pengumpulan data, pengolahan, serta analisis data. Definisi operasional pada penelitian akan memberikan batasan ruang lingkup sehingga dapat membuat peneliti lebih fokus terhadap variabel yang akan diteliti (Masturoh dan Anggita, 2018:111). Berikut merupakan definisi operasional dari penelitian ini:

Tabel 3. 2 Tabel Definisi Operasional Penelitian

No	Variabel	Definisi Operasional	Kriteria Penilaian	Teknik Pengumpulan Data	Skala Data
Variabel Dependen					
1.	Keluhan Pernapasan	Gangguan saluran pernapasan yang dirasakan responden pada saat penelitian dilakukan. Terdapat 6 keluhan, yaitu:	Terdapat pembagian kriteria sebagai berikut, yaitu:	Wawancara dengan Kuesioner	Ordinal
		0. Tidak mengalami keluhan	1. Ringan		
		1. Batuk	2. Sedang		
		2. Batuk berdahak	3. Berat		
		3. Nyeri tenggorokan,			
		4. Iritasi hidung,			

No	Variabel	Definisi Operasional	Kriteria Penilaian	Teknik Pengumpulan Data	Skala Data
		<p>5. Sesak napas 6. Nyeri dada (US EPA, 2022)</p> <p><b>Kategori:</b></p> <p>0. Tidak ada keluhan, yaitu tidak merasakan keluhan pernapasan, 1. Ringan, yaitu merasakan sebanyak 1-2 jenis keluhan pernapasan, 2. Sedang, yaitu merasakan sebanyak 3-4 jenis keluhan pernapasan, 3. Berat, yaitu merasakan sebanyak 5-6 jenis keluhan atau minimal merasakan 1 jenis keluhan pada poin sesak napas dan nyeri dada (Ambiya <i>et al.</i>, 2022 dengan modifikasi)</p>			
<b>Variabel Independen</b>					
2.	Konsentrasi <i>particulate matter</i> (PM <sub>2,5</sub> )	Banyaknya partikel (PM <sub>2,5</sub> ) udara ambien yang diukur menggunakan alat <i>aerosol 531S portable particle mass profiler and counter</i> di Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember (Berdasarkan PP RI Nomor 21 Tahun 2021)	Dalam satuan (...µg /m <sup>3</sup> )	Pengukuran langsung pada titik lokasi menggunakan alat <i>Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base</i> yang dilakukan oleh pihak laboratorium.	Rasio

No	Variabel	Definisi Operasional	Kriteria Penilaian	Teknik Pengumpulan Data	Skala Data
3.	Kelembaban	Jumlah uap air yang dapat ditemukan di udara ambien pada saat pengukuran (Prabowo dan Muslim, 2018:40)	Dalam satuan (...%)	Pengukuran dengan menggunakan alat Kestrel 5500 Weather Meter	Rasio
4.	Suhu	Nilai derajat panas atau dinginnya udara ambien pada saat pengukuran (Prabowo dan Muslim, 2018:40)	Dalam satuan (...°C)	Pengukuran dengan menggunakan alat Kestrel 5500 Weather Meter	Rasio
5.	Arah Angin	Arah angin dominan pada daerah pengukuran (Prabowo dan Muslim, 2018:164)	Utara, Selatan, Barat, atau Timur	Pengukuran dengan menggunakan alat Kestrel 5500 Weather Meter	Nominal
6.	Kecepatan Angin	Kecepatan aliran udara yang bergerak di udara ambien pada daerah pengukuran (Prabowo dan Muslim, 2018:41)	Dalam satuan (...m/s)	Pengukuran dengan menggunakan alat Kestrel 5500 Weather Meter	Rasio
7.	<b>Karakteristik Individu</b>				
a.	Usia	Lama hidup responden yang dihitung sejak lahir sampai penelitian dilakukan dalam satuan tahun	0. ≤ 25 tahun 1. 26-35 tahun 2. 36-45 tahun 3. 46-55 tahun 4. 56-65 tahun	Wawancara dengan kuesioner	Ordinal
b.	Jenis Kelamin	Suatu tanda seks yang diperoleh seseorang sejak lahir sehingga terdapat perbedaan antara laki-laki dan perempuan	0. Laki-laki 1. Perempuan	Wawancara dengan kuesioner	Nominal
c.	Durasi pajanan	Lamanya waktu responden beraktivitas dan	0. ≤ 8 jam/hari 1. > 8 jam/hari	Wawancara dengan kuesioner	Nominal

No	Variabel	Definisi Operasional	Kriteria Penilaian	Teknik Pengumpulan Data	Skala Data
		terpapar dalam satuan jam/hari	Berdasarkan (Fakih <i>et al.</i> , 2020:14 )		
d.	Lama pajanan	Lamanya waktu responden beraktivitas dilokasi penelitian hingga penelitian dilakukan dalam satuan tahun.	0. < 20 tahun 1. ≥ 20 tahun Berdasarkan (Rahmaningsih dan Haryanto, 2022)	Wawancara dengan kuesioner	Nominal
e.	Penggunaan masker	Tindakan menggunakan masker oleh responden saat beraktivitas dilokasi penelitian.	0. Tidak 1. Ya	Observasi	Nominal
f.	Kebiasaan merokok	Perilaku merokok yang dilakukan responden yang kemudian dikategorikan berdasarkan Indeks Brinkman, yaitu dengan menghitung jumlah batang rokok yang dihisap perhari dan dikalikan dengan lama merokok dalam hitungan tahun.	0. Bukan perokok =0 1. Perokok ringan, yaitu hasil IB < 200 2. Perokok sedang, yaitu hasil IB 201-600 3. Perokok berat, yaitu hasil IB > 600 Berdasarkan (Tolinggi, 2021:38)	Wawancara dengan kuesioner	Ordinal
g.	Jarak Pajanan	Jarak tinggal atau tempat aktivitas responden dengan jalan raya (Jl. Trunojoyo) yang menjadi lokasi penelitian.	0. < 10 meter 1. ≥10 meter Berdasarkan (Pangestika dan Wilti, 2020)	Wawancara dengan Kuesioner dan Pengukuran Menggunakan Google Earth	Nominal
h.	Aktivitas <i>indoor</i> dan <i>outdoor</i>	Responden menyampaikan lebih dominan lokasi beraktifitas sehari-hari di dalam atau luar ruangan.	Diklasifikasikan menjadi: 1. <i>Indoor</i> 2. <i>Outdoor</i>	Wawancara dengan Kuesioner	Nominal

### 3.5 Data dan Sumber Data

#### a. Data Primer

Data primer merupakan data yang bersumber atau diperoleh dari usaha peneliti secara langsung dalam memperoleh datanya (Masturoh dan Anggita, 2018:201). Pada penelitian ini, data primer didapatkan dengan proses wawancara langsung kepada responden terkait keluhan pernapasan yang dirasakan, karakteristik individu (usia, jenis kelamin, lama pajanan, durasi pajanan, jarak pajanan, penggunaan masker, status merokok, serta aktivitas *indoor* dan *outdoor*) dan melakukan pengukuran secara langsung mengenai konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien di sepanjang Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember.

#### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang bersumber atau yang didapatkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada sebelumnya (Masturoh dan Anggita, 2018:201). Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari studi pustaka laporan Badan Pusat Statistika mengenai jumlah kendaraan bermotor dan data volume kendaraan Jl. Trunojoyo dari Dinas Perhubungan Kabupaten Jember. Serta terdapat beberapa data penunjang yang berhubungan pada besaran masalah dari beberapa penelitian sebelumnya.

### 3.6 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

#### 3.6.1 Teknik Pengumpulan Data

##### a. Wawancara

Wawancara merupakan Teknik pengumpulan data yang dilakukan peneliti dengan tujuan untuk menemukan masalah dan menggai hal yang lebih mendalam dengan responden yang relatif tidak banyak. Wawancara dapat dilakukan secara terstruktur ataupun tidak terstruktur dan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu tatap muka ataupun dengan alat bantu komunikasi seperti telepon (Masturoh dan Anggita, 2018:204). Wawancara dalam penelitian ini dilakukan secara langsung atau tatap muka untuk mengetahui karakteristik responden, yaitu seperti

usia, jenis kelamin, lama pajanan, durasi pajanan, jarak pajanan, kebiasaan merokok, serta aktivitas *indoor* dan *outdoor*.

b. Observasi

Observasi merupakan metode umum yang digunakan dalam pengumpulan data mengenai perilaku manusia (Swarjana, 2016:108). Menurut Sugiyono (2016:145), teknik observasi digunakan sebagai proses pengumpulan data untuk mengetahui perilaku manusia, proses kerja responden, gejala alam, dan digunakan apabila jumlah responden tidak terlalu banyak. Teknik observasi pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui penggunaan masker saat responden beraktivitas di jalan dan dilakukan bersamaan dengan wawancara berlangsung.

c. Dokumentasi

Teknik dokumentasi pada pengumpulan data merupakan proses memperoleh data mengenai variabel yang diteliti dapat berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, dan lain sebagainya. Sehingga hal yang diamati pada proses metode dokumentasi ialah benda mati (Siyoto, 2015:77). Pada penelitian ini, teknik dokumentasi digunakan sebagai data penunjang besaran masalah. Serta dokumentasi yang dilakukan pada penelitian ini ialah berupa foto ketika pengukuran kadar *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien lokasi penelitian dan pada saat wawancara dengan responden mengenai keluhan pernafasan yang dirasakan.

d. Pengukuran

Pengukuran merupakan proses kuantifikasi hasil observasi dengan memperhatikan referensi dan dinyatakan dalam unit baku sehingga menghasilkan informasi baru mengenai objek yang diukur (Sastroasmoro dan Ismael, 2014:67). Pengukuran pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien yang menggunakan alat *Aeroqual Particulate Matter* (PM) *Sensor with Series 500 Base* yang dilakukan oleh 1 orang laboran dari laboratorium pengendalian pencemaran udara dan perubahan iklim Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

### 3.6.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data pada suatu penelitian. Pada proses penelitian, peneliti dapat menggunakan instrumen penelitian terdahulu ataupun menggunakan instrument yang dibuat oleh peneliti sendiri (Masturoh dan Anggita, 2018a). Instrument yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner dan lembar observasi. Kuesioner merupakan salah satu teknik pengumpulan data yang efisien dengan cara memberikan beberapa pertanyaan maupun pernyataan tertulis kepada responden yang kemudian dapat dijawab (Masturoh dan Anggita, 2018:205). Kuesioner dalam penelitian ini berisi pertanyaan mengenai umur, jenis kelamin, lama paparan, durasi pajanan, jarak pajanan, penggunaan masker, status merokok, aktivitas *indoor* serta *outdoor*, serta keluhan gangguan pernapasan yang dirasakan responden. Terdapat instrumen lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk mengukur suhu, kelembaban, arah dan kecepatan angin ialah *Kestrel 5500 Weather Meter* serta mnegukur konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) menggunakan alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base*.

### 3.6.3 Kaji Etik

Kaji etik penelitian merupakan penilaian kelayakan rencana penelitian agar proses penelitian sesuai dengan etik penelitian. Penelitian ini telah dinyatakan layak etik melalui kaji etik yang dilakukan oleh Komisi Etik Penelitian Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember dengan nomor kaji etik No.415/KEPK/FKM-UNEJ/VI/2023.

## 3.7 Teknik Pengolahan, Analisis, dan Penyajian Data

### 3.7.1. Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data merupakan tahap atau bagian dari penelitian yang dilakukan setelah pengumpulan data selesai. Pengolahan data dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara manual dan menggunakan aplikasi pengolahan data.

Berikut merupakan tahapan analisis data pada penelitian ini dengan menggunakan bantuan komputer sebagai berikut (Masturoh dan Anggita, 2018:244-245):

a. *Editing*

*Editing* (penyuntingan data) merupakan tahap yang dilakukan setelah data terkumpul dari hasil pengisian kuesioner melalui proses wawancara dan pengamatan di lapangan. Pada artian lain *editing* merupakan tahap pemeriksaan data. Terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam tahap *editing*, yaitu kelengkapan, keterbacaan tulisan, relevan, dan konsistensi jawaban responden.

b. *Coding*

*Coding* merupakan proses pemberian symbol tertentu dalam bentuk angka ataupun huruf dengan tujuan untuk memberikan identitas pada data. Pemberian kode atau symbol memiliki arti sebagai data kuantitatif (berbentuk skor).

c. Tabulasi Data

Tabulasi data merupakan proses dalam menyajikan data yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.

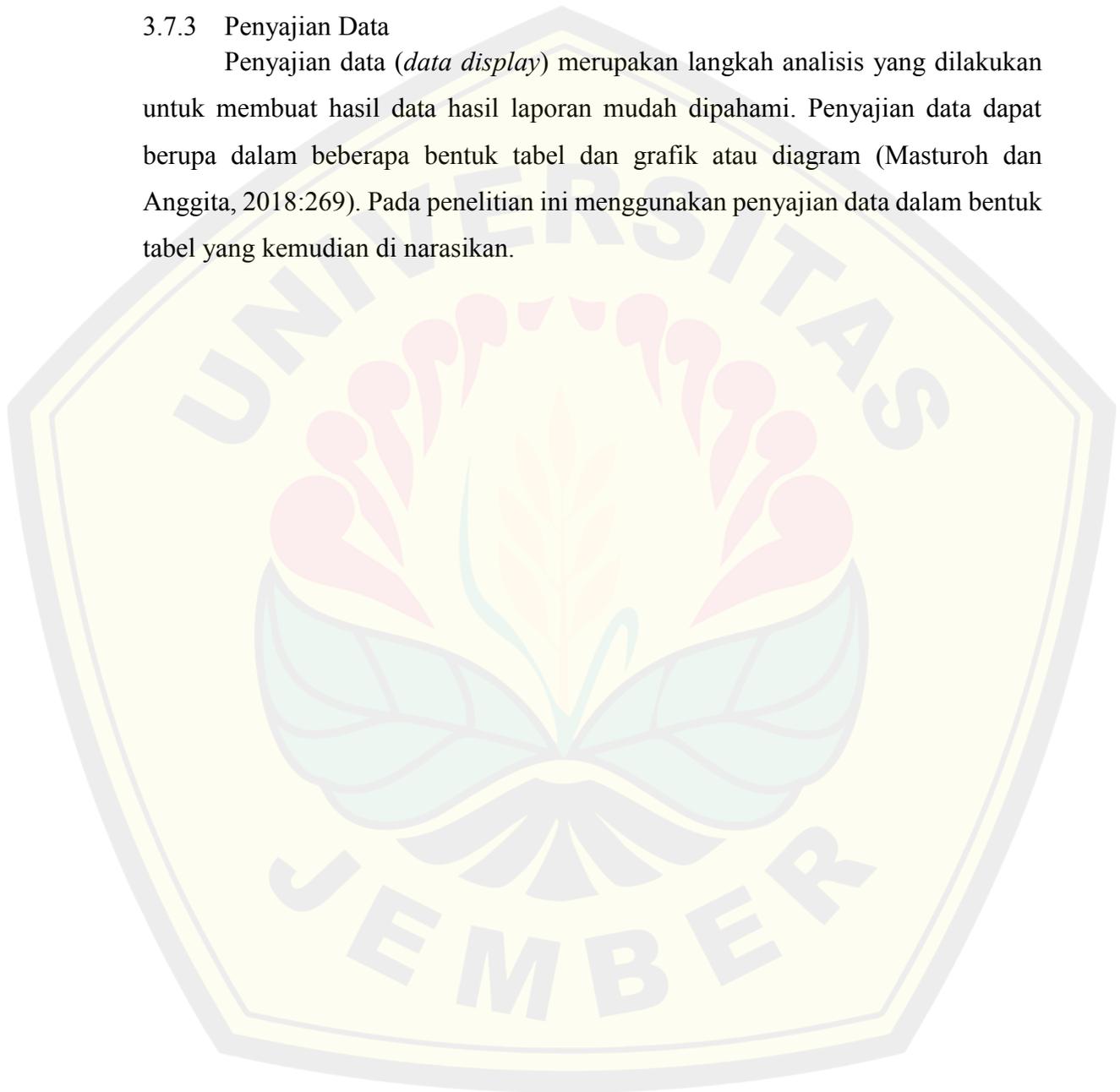
### 3.7.2. Teknik Analisis Data

Analisis data merupakan suatu proses pengelompokan data yang berdasar pada variabel dan jenis responden, mentabulasi data berdasar pada variabel dari seluruh responden, menyajikan data pada setiap variabel yang diteliti, melakukan perhitungan dengan tujuan untuk menjawab rumusan masalah dan menguji hipotesis (Sugiyono, 2016:147). Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis univariat yang kemudian digambarkan dengan statistic deskriptif dan tabulasi silang (*crosstab*). Statistic deskriptif merupakan cara atau metode analisis data dengan mendeskripsikan ataupun menggambarkan data yang bertujuan untuk memperoleh dan menarik kesimpulan (Sugiyono, 2016:147). Sedangkan tabulasi silang (*crosstab*) merupakan uji deskriptif yang digunakan untuk menunjukkan distribusi bersama dan pengujian terhadap dua atau lebih variabel (Sujarweni, 2015:46). Analisis deskriptif pada penelitian ini digunakan untuk mendeskripsikan konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara ambien, frekuensi dari karakteristik

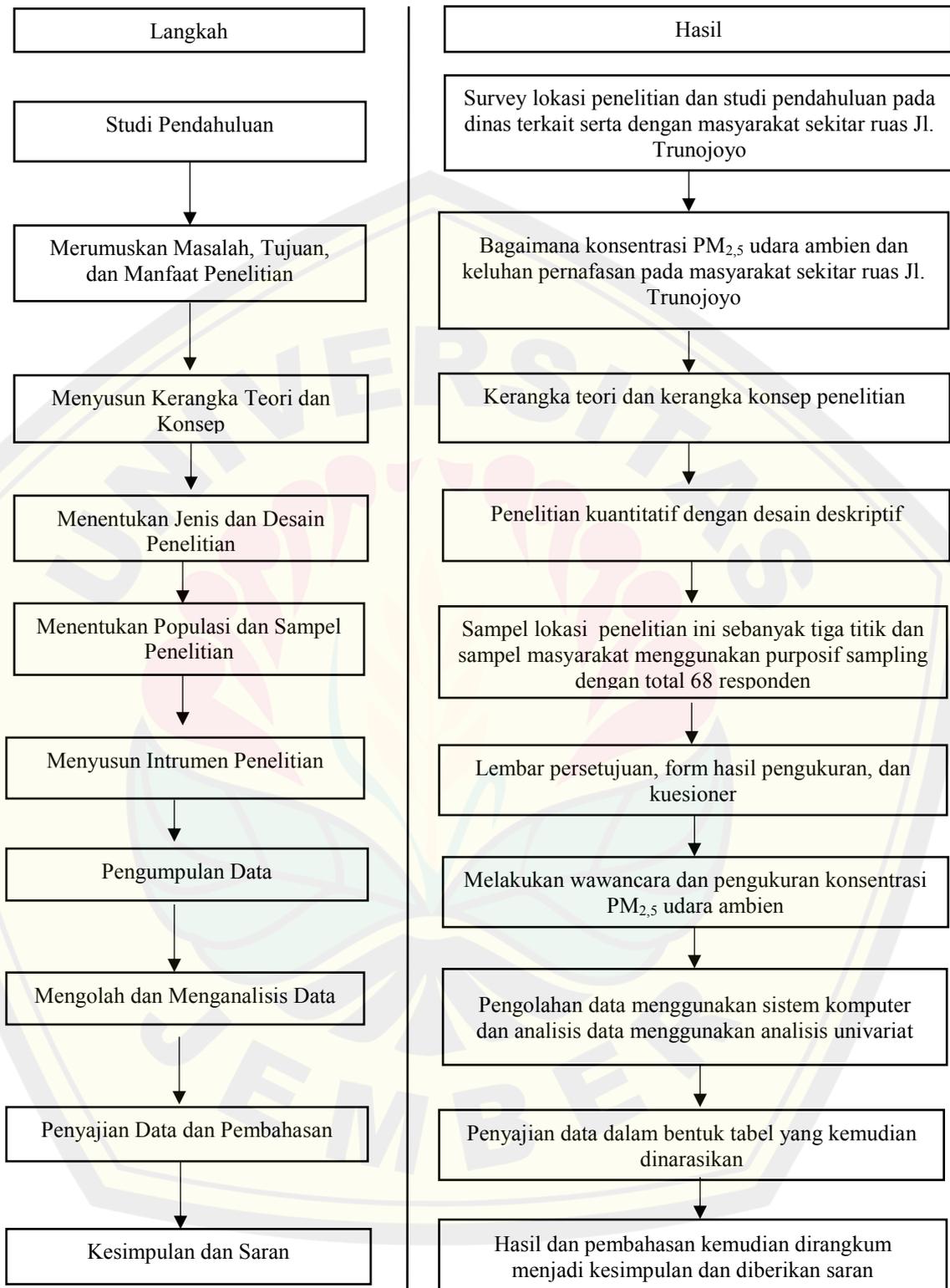
responden seperti umur, jenis kelamin, lama paparan, durasi pajanan, kebiasaan merokok, penggunaan APD, dan menggambarkan keluhan pernapasan yang dirasakan oleh responden.

### 3.7.3 Penyajian Data

Penyajian data (*data display*) merupakan langkah analisis yang dilakukan untuk membuat hasil data hasil laporan mudah dipahami. Penyajian data dapat berupa dalam beberapa bentuk tabel dan grafik atau diagram (Masturoh dan Anggita, 2018:269). Pada penelitian ini menggunakan penyajian data dalam bentuk tabel yang kemudian di narasikan.



### 3.8 Alur Penelitian



Gambar 3. 4 Alur Penelitian

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Karakteristik Individu di Kawasan Jalan Trunojoyo

Karakteristik individu merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keluhan pernapasan pada seseorang yang terpapar oleh polusi udara. Karakteristik individu responden pada penelitian ini meliputi usia, jenis kelamin, lama pajanan, durasi pajanan, jarak pajanan, penggunaan masker, kebiasaan merokok, dan aktivitas *indoor* dan *outdoor* responden. Jumlah responden pada penelitian ini terdapat sebanyak 68 responden.

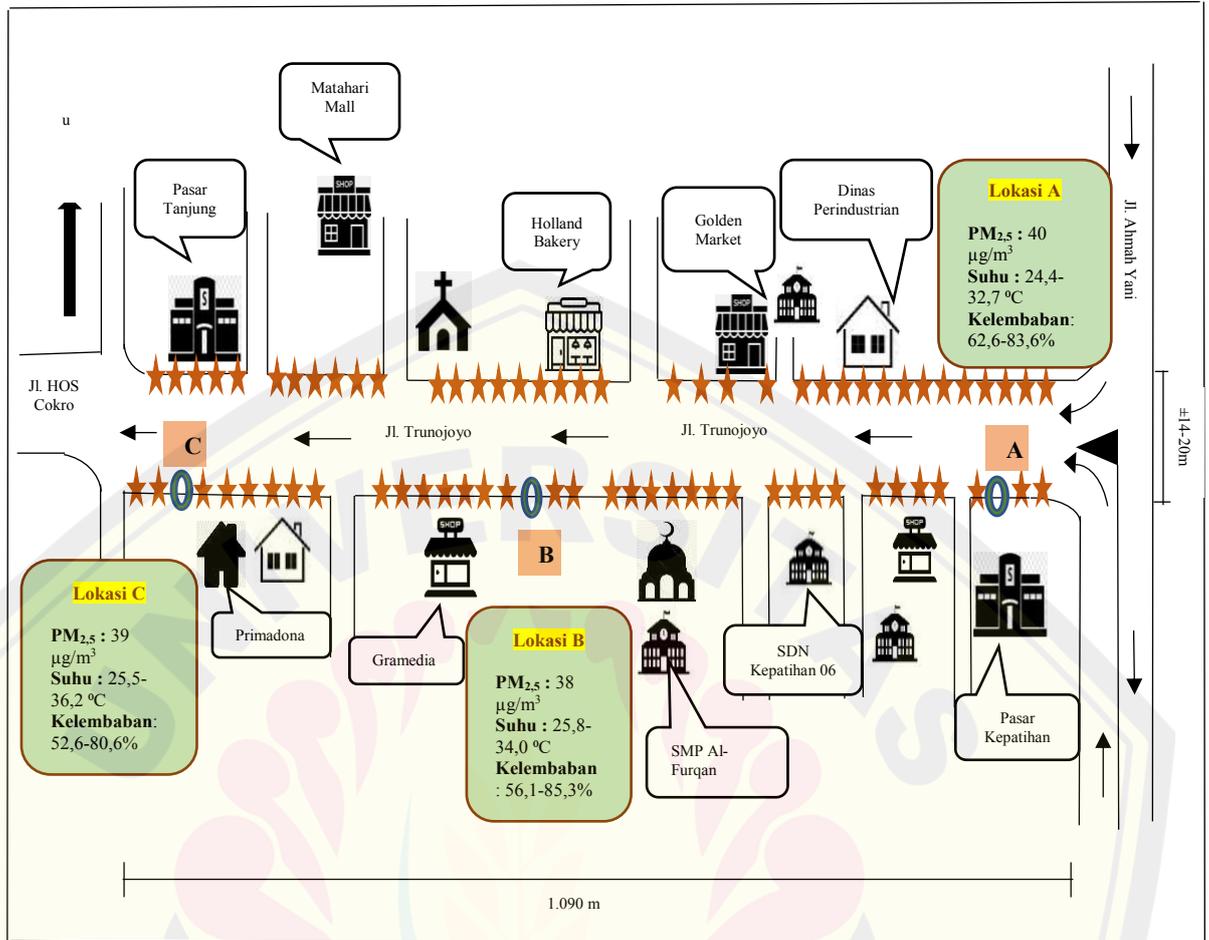
Tabel 4. 1 Frekuensi Karakteristik Individu

Variabel	n	%
<b>Usia</b>		
≤ 25 tahun	2	2,9
26-35 tahun	7	10,3
36-45 tahun	17	25
46-55 tahun	25	36,8
56-64 tahun	17	25
<b>Jenis Kelamin</b>		
Perempuan	13	19,1
Laki-laki	55	80,9
<b>Lama Pajanan</b>		
≤ 8 jam / hari	46	67,6
> 8 jam / hari	22	32,4
<b>Durasi Pajanan</b>		
< 20 tahun	41	60,3
≥ 20 tahun	27	39,7
<b>Jarak Pajanan</b>		
<10 meter	63	92,6
≥10 meter	5	7,4
<b>Penggunaan Masker</b>		
Ya	9	13,2
Tidak	59	86,8
<b>Kebiasaan Merokok</b>		
Bukan Perokok	27	39,7
Perokok Ringan	19	27,9
Perokok Sedang	18	26,5
Perokok Berat	4	5,9
<b>Aktivitas Indoor dan Outdoor</b>		
<i>Indoor</i>	10	14,7
<i>Outdoor</i>	58	85,3

Berdasarkan pada tabel 4.1 diperoleh informasi dari analisis data dominasi responden pada penelitian ini berada pada usia 46-55 tahun yang berjumlah 25 orang dengan persentase 36,8%. Distribusi responden yang beraktivitas di lokasi penelitian ini di dominasi oleh jenis kelamin laki-laki sebanyak 55 orang dengan persentase 80,9%. Hasil analisis data responden pada penelitian ini memperoleh informasi distribusi responden beraktivitas dilokasi penelitian atau Jalan Trunojoyo dominan selama  $\leq 8$  jam setiap harinya, yaitu sebanyak 46 orang dengan persentase 67,6%. Responden pada penelitian ini di dominasi oleh responden yang telah beraktivitas dilokasi penelitian dalam kurun waktu terpajan  $< 20$  tahun, yaitu terdapat sebanyak 41 orang dengan persentase 60,3%. Responden pada penelitian ini didominasi beraktivitas di lokasi dengan jarak  $< 10$  meter dari jalan raya sebanyak 63 responden dengan presentase 92,6%. Mayoritas responden pada penelitian ini beraktivitas tanpa atau tidak menggunakan masker, yaitu terdapat sebanyak 59 orang dengan presentase 86,8% tidak menggunakan masker. Distribusi responden pada penelitian ini di dominasi oleh perokok sebanyak 41 orang dengan presentase sebesar 60,3% yang terbagi atas perokok ringan, sedang, dan berat. Responden pada penelitian ini didominasi beraktivitas di luar ruangan atau *outdoor* sebanyak 58 orang dengan presentase 85,3%.

#### 4.1.2 Kadar *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien di Jalan Trunojoyo

Pada penelitian ini kadar *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien di Kawasan Jalan Trunojoyo Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember, diperoleh dengan proses pengukuran oleh laboran dari Laboratorium Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada di tiga titik lokasi, yaitu lokasi A berada di depan kantor BPR, lokasi B berada di depan Gramedia, dan lokasi C berada di depan tobaku Haqyna. Lokasi pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 4. 1 Pemetaan Hasil Pengukuran *Particulate Matter* ( $PM_{2,5}$ )

Pengukuran kualitas udara parameter *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) dikawasan Jalan Trunojoyo dilakukan pada tanggal 17 Juni 2023. Pengukuran dilakukan dalam 5 waktu pengukuran yang kemudian dikonversikan menjadi 24 jam, yaitu 02.00 – 04.00, 07.00 - 09.00, 12.00 – 14.00, 16.00 – 18.00, dan 20.00 – 22.00. Penentuan waktu pengkuran berdasar pada waktu-waktu renggang dan padatnya kendaraan di Jalan Trunojoyo. Setiap satu kali pengukuran sampel udara ambien parameter *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) dibutuhkan waktu 20-30 menit pada setiap titiknya. Selain itu terdapat pengukuran beberapa faktor meterologi, seperti arah angin, kecepatan angin, kelembaban, dan suhu yang dilakukan di awal proses sebelum melakukan pengukuran *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ). Berikut merupakan tabel hasil pengukuran analisa kualitas udara di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember.

Tabel 4. 2 Faktor Meterologi Udara Ambien

	Temperatur (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/s)	Konsentrasi PM <sub>2,5</sub> 24 Jam (µg/m <sup>3</sup> )	Arah Angin
<b>Titik A</b>	24,4 - 32,7	62,6 - 83,6	0,7 - 2,6	40	Ke Barat
<b>Titik B</b>	25,8 - 34,0	56,1 - 85,3	0,7 - 1,4	38	Ke Barat
<b>Titik C</b>	25,5 - 36,2	52,6 - 80,6	0,7 - 2,5	39	Ke Barat

Berdasarkan pada pengukuran diperoleh hasil rata-rata *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di Jalan Trunojoyo, yaitu pada titik A (di sekitar depan BPR) sebesar 40 µg/m<sup>3</sup>, titik B (di sekitar depan Gramedia) sebesar 38 µg/m<sup>3</sup>, dan titik C (di sekitar depan Tobaku Haqyna) sebesar 39 µg/m<sup>3</sup>. Diperoleh hasil temperature atau suhu udara pada saat pengukuran berada pada rentang kisaran 24°C hingga 36°C. Kelembaban udara ketika pengukuran menunjukkan hasil terendah 52% dan tertinggi 85%. Kecepatan angin terukur ketika proses pengukuran memiliki kecepatan yang bervariasi, yaitu dengan nilai terendah 0,7m/s dan tertinggi 2,6m/s. Arah angin di lokasi pengukuran didominasi mengarah ke barat.

#### 4.1.3 Keluhan Pernapasan yang dirasakan Masyarakat di Kawasan Jalan Trunojoyo

##### a. Gambaran Keluhan Pernapasan

Keluhan pernapasan yang dialami masyarakat di kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember merupakan variabel dependen pada penelitian ini. Berikut merupakan hasil analisis data distribusi responden berdasarkan keluhan pernafasan yang dialami masyarakat.

Tabel 4. 3 Distribusi Frekuensi Keluhan Pernapasan Responden

Keluhan Pernapasan	n	%
Tidak Ada Keluhan	27	39,7
Ringan	23	33,8
Sedang	8	11,8
Berat	10	14,7
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>10</b>

Pada tabel 4.3 diperoleh informasi bahwa keluhan pernapasan yang dialami responden terdiri atas 4 kategori, yaitu tidak mengalami keluhan, ringan, sedang, dan berat. Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa dominasi terbesar tidak mengalami keluhan pernapasan sebesar 27 responden dengan persentase 39,7% dan mengalami keluhan pernapasan ringan sebanyak 23 orang dengan persentase 33,8%. Berdasarkan pengamatan sekilas oleh peneliti, seluruh responden yang diwawancara berada di lokasi penelitian dalam keadaan mampu untuk beraktivitas normal, sehingga beberapa keluhan pernafasan yang dirasa tidak menghalangi responden dalam beraktivitas.

b. Gambaran Jenis Keluhan Pernapasan

Keluhan pernapasan dapat diketahui melalui beberapa gejala yang muncul, seperti nyeri tenggorokan, batuk, batuk berdahak, sesak napas, nyeri dada, iritasi hidung yang ditandai beberapa tanda seperti hidung gatal, hidung tersumbat, bersin-bersin, dan hidung berair.

Tabel 4. 4 Distribusi Frekuensi Jenis Keluhan Pernafasan Responden

Jenis Keluhan	Ya		Tidak		Total	
	n	%	n	%	N	%
Iritasi Hidung	32	47,1	36	52,9	68	100
Nyeri Tenggorokan	22	32,4	46	67,6	68	100
Batuk	22	32,4	46	67,6	68	100
Batuk Berdahak	12	17,6	56	82,4	68	100
Sesak Napas	7	10,3	61	89,7	68	100
Nyeri Dada	5	7,4	63	92,6	68	100

Pada tabel 4.4 diperoleh informasi bahwa jenis keluhan pernapasan yang dialami responden di dominasi oleh responden dengan keluhan iritasi hidung sebanyak 32 orang dengan persentase 47,1% dan jenis keluhan pernapasan terendah yang dialami oleh responden ialah nyeri dada sebanyak 5 orang dengan persentase 7,4%.

## 4.1.4 Keluhan Pernapasan berdasarkan Karakteristik Individu

## a. Usia

Hasil analisis tabulasi silang antara usia dengan keluhan pernafasan pada responden sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Distribusi Frekuensi Usia dengan Keluhan Pernapasan Responden

Usia	Keluhan Pernapasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
≤ 25 tahun	0	0	2	2,9	0	0	0	0	2	2,9
26-35 tahun	2	2,9	4	5,9	1	1,5	0	0	7	10,3
36-45 tahun	6	8,8	3	4,4	3	4,4	5	7,4	17	25
46-55 tahun	12	17,6	9	13,2	1	1,5	3	4,4	25	36,8
56-64 tahun	7	10,3	5	7,4	3	4,4	2	2,9	17	25
<b>Total</b>	27	39,7	23	38,2	8	11,8	10	14,7	68	100

Berdasarkan tabel diatas diperoleh informasi bahwa paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan berusia 46-55 tahun sebanyak 13 responden yang terdiri atas 9 mengalami keluhan ringan, 1 responden keluhan sedang, dan 3 responden keluhan berat. Sehingga responden yang berada pada rentang usia 46-55 tahun memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada kategori usia lainnya.

## b. Jenis Kelamin

Hasil analisis tabulasi silang antara jenis kelamin responden dengan keluhan pernafasan yang dirasakan responden sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Distribusi Frekuensi Jenis Kelamin dengan Keluhan Pernapasan

Jenis Kelamin	Keluhan Pernapasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Laki-laki	21	30,9	17	25	7	10,3	10	14,7	55	80,9
Perempuan	6	8,8	6	8,8	1	1,5	0	0	13	19,1
<b>Total</b>	27	39,7	23	33,8	8	11,8	10	1,5	68	100

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi bahwa distribusi keluhan pernapasan pada responden berdasar jenis kelamin lebih banyak dialami laki-laki dengan kategori keluhan ringan sebanyak 17 responden dengan persentase 25%. Selain itu, diperoleh informasi bahwa responden berjenis kelamin laki-laki memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernapasan dari pada perempuan.

c. Durasi Paparan

Hasil analisis tabulasi silang antara durasi paparan ( $PM_{2,5}$ ) dengan keluhan pernafasan pada responden sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Distribusi Frekuensi Durasi Paparan dengan Keluhan Pernafasan

Durasi Paparan	Keluhan Pernapasan								Total	Mean	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat				
	n	%	n	%	n	%	n	%			
≤ 8 jam/hari	21	30,9	14	20,6	5	7,4	6	8,8	46	67,7	7,40
> 8 jam/hari	6	8,8	9	13,2	3	4,4	4	5,9	22	32,3	
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>39,7</b>	<b>23</b>	<b>33,8</b>	<b>8</b>	<b>11,8</b>	<b>10</b>	<b>14,7</b>	<b>68</b>	<b>100</b>	

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi paling banyak responden mengalami keluhan pernapasan ringan dengan kategori durasi paparan ≤ 8 jam per hari sebanyak 14 responden dengan presentase 20,6%. Selain itu diperoleh hasil bahwa rata-rata responden beraktifitas di Jalan Trunojoyo selama 7,4 jam setiap harinya. Sehingga berdasarkan durasi paparan, responden dengan aktivitas dilokasi penelitian selama ≤ 8 jam setiap harinya memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden yang beraktifitas >8 jam setiap harinya.

d. Lama Paparan

Hasil analisis tabulasi silang antara lama paparan  $PM_{2,5}$  dengan keluhan pernafasan pada responden sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Distribusi Frekuensi Lama Paparan dengan Keluhan Pernapasan

Lama Paparan	Keluhan Pernapasan								Total	Mean	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat				
	n	%	n	%	n	%	n	%			
<20 tahun	15	22,1	14	20,6	5	7,4	7	10,3	41	60,3	16,7
≥ 20 tahun	12	17,6	9	13,2	3	4,4	3	4,4	27	39,7	
<b>Total</b>	27	39,7	23	33,8	8	11,8	10	14,7	68	100	

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi bahwa distribusi responden yang paling banyak mengalami keluhan pernapasan berdasarkan pada lama paparan tahunan ialah keluhan pernafasan ringan dengan responden paling banyak terpapar <20 tahun sebanyak 14 orang dengan presentase 20,6%. Selain itu diperoleh informasi bahwa rata-rata responden pada penelitian ini telah beraktivitas di Jalan Trunojoyo selama 16,7 tahun. Sehingga berdasarkan lama paparan, responden yang telah beraktivitas <20 tahun memiliki kecenderungan lebih banyak mengalami keluhan pernafasan.

e. Jarak Paparan

Hasil analisis tabulasi silang antara jarak paparan dengan keluhan pernapasan yang dirasakan responden, sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Distribusi Frekuensi Jarak Paparan dengan Keluhan Pernapasan

Jarak Paparan	Keluhan Pernapasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
<10 meter	25	36,8	21	31,9	7	10,3	10	14,7	63	92,6
≥ 10 meter	2	2,9	2	2,9	1	1,5	0	0	5	7,4
<b>Total</b>	27	39,7	23	33,8	8	11,8	1	1,5	68	100

Berdasarkan tabel diatas diperoleh informasi bahwa distribusi antara jarak paparan responden dengan keluhan pernapasan yang dialami paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan ringan pada responden dengan jarak paparan <10 meter dari jalan raya sebanyak 21 responden dengan persentase 31,9%. Sehingga berdasarkan jarak paparan, responden yang beraktivitas pada jarak <10

meter dari jalan raya memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden yang beraktivitas pada jarak  $\geq 10$  meter.

f. Penggunaan Masker

Hasil analisis tabulasi silang antara penggunaan masker dengan keluhan pernafasan yang dirasakan responden, sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Distribusi Frekuensi Penggunaan Masker dengan Keluhan Pernapasan

Penggunaan Masker	Keluhan Pernapasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Ya	3	4,4	5	7,4	0	0	1	1,5	9	13,2
Tidak	24	35,3	18	26,5	8	11,8	9	13,2	59	86,8
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>39,7</b>	<b>23</b>	<b>33,8</b>	<b>8</b>	<b>11,8</b>	<b>10</b>	<b>14,7</b>	<b>68</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel di atas diperoleh informasi bahwa distribusi paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan ringan dan tidak menggunakan masker sebanyak 18 orang dengan persentase 26,5%. Sehingga responden yang tidak menggunakan masker memiliki kecenderungan untuk mengalami keluhan pernafasan dari pada responden yang menggunakan masker.

g. Kebiasaan Merokok

Hasil analisis tabulasi silang antara kebiasaan merokok dengan keluhan pernafasan yang dirasakan responden, sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Distribusi Frekuensi Kebiasaan Merokok dengan Keluhan Pernapasan

Kebiasaan Merokok	Keluhan Pernapasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
Bukan Perokok	10	14,7	14	20,6	3	4,4	4	5,9	27	39,7
Perokok Ringan	7	10,3	6	8,8	3	4,4	3	4,4	19	27,9
Perokok Sedang	9	13,2	4	5,9	4	5,9	1	1,5	18	26,5
Perokok Berat	1	1,5	1	1,5	2	2,9	2	2,9	4	5,9
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>39,7</b>	<b>23</b>	<b>33,8</b>	<b>8</b>	<b>11,8</b>	<b>10</b>	<b>14,7</b>	<b>68</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel diatas diperoleh informasi terkait distribusi responden perokok dan bukan perokok yang mengalami keluhan pernafasan. Paling banyak responden bukan perokok dan mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 14 responden dengan persentase 20,6%. Sedangkan pada responden perokok yang paling banyak mengalami keluhan pernafasan ialah perokok ringan dengan keluhan pernafasan ringan sebanyak 6 responden dengan persentase 8,8%.

#### h. Aktivitas *Indoor* dan *Outdoor*

Hasil analisis tabulasi silang antara aktivitas *indoor* dan *outdoor* dengan keluhan pernafasan yang dirasakan responden, sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Distribusi Frekuensi Aktivitas *Indoor* dan *Outdoor* dengan Keluhan Pernafasan

Aktivitas <i>Indoor</i> dan <i>Outdoor</i>	Keluhan Pernafasan								Total	
	Tidak Ada Keluhan		Ringan		Sedang		Berat			
	n	%	n	%	n	%	n	%	N	%
<i>Indoor</i>	6	8,8	3	4,4	1	1,5	0	0	10	14,7
<i>Outdoor</i>	21	30,9	20	29,4	7	10,3	10	14,7	58	85,3
<b>Total</b>	27	39,7	23	33,8	8	11,8	10	14,7	68	100

Berdasarkan tabel diatas diperoleh informasi bahwa distribusi paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan ialah responden yang beraktivitas di *outdoor* dan mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 20 orang dengan presentase 29,4%. Sehingga responden dengan aktivitas *outdoor* memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden dengan aktivitas *indoor*.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Karakteristik Individu

Karakteristik individu merupakan suatu karakter yang melekat pada diri responden di lokasi penelitian ini, yaitu usia, jenis kelamin, lama paparan, durasi pajanan, jarak pajanan, penggunaan masker, kebiasaan merokok, dan lokasi

aktivitas *Indoor* dan *Outdoor*. Pada penelitian ini diperoleh informasi terkait distribusi usia responden paling banyak berada pada usia 46-55 tahun. Usia merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi gangguan kesehatan seseorang. Terdapat penurunan efisiensi pernapasan seiring pertambahan usia, sistem respiratorik yang menua serta terpajan faktor lain seperti polusi dan merokok akan menjadikan sifat kumulatif dan kelainan yang lebih berat pada sistem respiratorik (Hasan dan Arusita, 2017:53). Menurut Oktaviana (2019:73) menyatakan bahwa usia lansia awal yaitu 46-55 tahun memiliki potensi mengalami paparan jangka panjang terhadap *Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan hingga menyebabkan berkurangnya harapan hidup seseorang.

Berdasarkan wawancara kepada responden pada penelitian ini memperoleh informasi terkait distribusi jenis kelamin didominasi oleh laki-laki. Banyaknya jumlah responden laki-laki pada penelitian ini salah satu faktornya dikarenakan wilayah Jalan Trunojoyo merupakan jalan dengan karakteristik yang terdiri atas beberapa pasar, pertokoan, instansi perkantoran, sehingga menyebabkan mayoritas masyarakat yang beraktivitas dilokasi penelitian ialah laki-laki yang sedang mencari nafkah seperti memiliki usaha dan bekerja di bengkel, berprofesi menjadi tukang becak, juru parkir, berjualan bahan bangunan serta aktivitas lainnya yang menjadikan laki-laki lebih dominan beraktivitas diluar rumah dan memiliki kecenderungan lebih besar terpapar polusi udara. Menurut penelitian yang dilakukan Kuźma *et al.*, (2020:9), memperoleh hasil terdapat peningkatan kematian pada populasi laki-laki akibat terpapar polusi udara khususnya konsentrasi *Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>).

Karakteristik individu selanjutnya yang turut dapat memberikan dampak keluhan pernafasan pada penelitian ini ialah lama paparan responden terhadap *Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara. Diperoleh informasi bahwa responden pada penelitian ini dominan beraktivitas di Jalan Trunojoyo dalam kisaran waktu kurang dari 8 jam setiap harinya, hal ini disebabkan karena sebagian besar responden penelitian ini hanya beraktivitas dilokasi untuk bekerja atau mencari nafkah. WHO Air quality guideline global update (2005) dalam Orellano *et al.*, (2020:2),

menyatakan bahwa efek paparan jangka pendek terhadap polutan udara ialah satu hingga beberapa jam dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti gangguan pernapasan, kardiovaskular, peningkatan kunjungan rawat inap rumah sakit, dan kematian. Karakteristik selanjutnya ialah durasi responden terpapar terhadap *Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara atau beraktivitas di lokasi penelitian dalam hitungan tahun. Hasil wawancara durasi paparan pada penelitian ini diperoleh banyak variasi nilai dan memperoleh hasil bahwa dominan responden telah beraktivitas di lokasi penelitian selama kurang dari 20 tahun.

Variabel lain yang menjadi karakteristik individu dalam penelitian ini ialah jarak responden terhadap polusi udara yaitu kendaraan yang melintasi Jalan Trunojoyo. Mayoritas responden melakukan aktivitas di Jalan Trunojoyo memiliki jarak lokasi terhadap paparan atau jalan raya ialah <10 meter, yaitu terdapat beberapa responden yang beraktivitas di trotoar jalan seperti berjualan makanan, bensin eceran, serta beberapa memiliki ruko sebagai tempat usaha dan beraktivitas setiap hari. Beberapa penelitian menunjukkan terkait risiko paparan *particulate matter* di dalam kota sangat bervariasi, diketahui individu yang tinggal dekat jalan raya akan memiliki paparan yang lebih tinggi apabila dibandingkan area umum lainnya (Brugge *et al.*, 2007). Selain jarak paparan, terdapat karakteristik individu lain dalam penelitian ini ialah letak aktivitas responden berkegiatan di lokasi penelitian, yaitu *indoor* atau *outdoor*. Pada penelitian ini diperoleh hasil paling banyak responden beraktivitas *outdoor* atau luar ruangan.

Karakteristik selanjutnya ialah penggunaan masker oleh responden selama beraktivitas di lokasi penelitian. Hasil observasi pada penelitian ini diperoleh hasil mayoritas responden beraktivitas di lokasi penelitian tidak menggunakan masker. Berdasarkan observasi peneliti pada beberapa responden yang menggunakan masker ialah paling banyak menggunakan masker kain dari pada menggunakan masker satu kali pakai. Secara keseluruhan responden yang menggunakan masker telah menggunakannya dengan tepat, yaitu menutup bagian hidung hingga dagu dan mengaku hanya membuka masker ketika hendak minum dan makan saja. Hal ini dilakukan karena responden memiliki kesadaran penuh terkait kesehatannya, sehingga merasa selalu perlu menggunakan masker ketika beraktivitas di ruang

terbuka dan terpapar polusi. Penggunaan masker diketahui salah satu cara paling tepat dalam membatasi kontak dengan partikulat berbahaya apabila aktivitas di luar ruangan tidak dapat dihindari (Zhang dan Mu, 2018:518).

Variabel selanjutnya yang menjadi karakteristik individu responden penelitian ini ialah status merokok. Berdasarkan hasil wawancara diperoleh informasi paling banyak responden perokok ringan, perokok sedang, dan perokok berat. Terdapat penelitian yang dilakukan Ni *et al.*, (2020:1) memperoleh hasil yang menunjukkan keterkaitan antara *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dalam area merokok dengan penyakit paru-paru kronis. Hal ini disebabkan karena ukuran kecil dari partikel asap rokok dapat masuk jauh dan mengendap ke saluran pernafasan sehingga menyebabkan kerusakan serius pada sistem pernafasan manusia.

#### 4.2.2 Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> Udara Ambien

*Particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) merupakan partikel halus dengan diameter yang umumnya berukuran  $\leq 2,5$  mikrometer atau dapat dibayangkan dengan satu helai rambut dibelah menjadi 30 bagian (US EPA, 2023). Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien pada penelitian ini dilakukan di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember. Jalan Trunojoyo merupakan salah satu jalan di Kabupaten Jember yang berada di wilayah kota dengan karakteristik wilayah yang dipenuhi oleh berbagai pusat perbelanjaan/pertokoan, perkantoran, rumah makan, dan beberapa instansi pendidikan (sekolahan). Terletak dipusat kota yang dapat menyediakan berbagai fasilitas dan kebutuhan masyarakat Kabupaten Jember, menjadikan Jalan Trunojoyo memiliki kondisi jalan yang padat oleh kendaraan bermotor.

Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dilakukan di sisi sebelah selatan Jalan Trunojoyo. Pengukuran pada sisi selatan jalan dilakukan peneliti untuk memudahkan dalam peletakan alat ukur, dikarenakan pada jalan Trunojoyo merupakan jalan satu arah, mengakibatkan jarak tepi jalan pada sisi utara tidak memiliki lebar yang sama dengan sisi selatan. Terdapat sebanyak tiga titik lokasi pengukuran yang berada pada bagian awal, pertengahan, dan akhir

Jalan Trunojoyo. Penentuan titik lokasi pada penelitian ini berdasarkan pada jumlah titik minimum pemantauan kualitas udara ambien yaitu 2 titik lokasi (DLHK Banten, 2022:2).

Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien di Jalan Trunojoyo dilaksanakan pada Hari Sabtu, 17 Juni 2023 oleh laboran dari Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dengan menggunakan alat *Aeroqual Particulate Matter (PM) Sensor with Series 500 Base* di lokasi pengukuran udara ambien. Selain itu pada penelitian ini juga melakukan pengukuran terhadap beberapa faktor meterologi, yaitu suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin. Pengukuran beberapa faktor meterologi penelitian ini menggunakan alat *Kestrel 5500 Weather Meter*. Faktor meterologi diketahui memiliki pengaruh besar dalam penyebaran dan difusi zat cemar udara, sehingga perbedaan aspek meterologi pada suatu tempat dan tempat lainnya dapat memberikan perbedaan hasil pengukuran (Prabowo dan Muslim, 2018:14). Berdasarkan hasil penelitian Sun *et al.*, (2019:17), *particulate metter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara dipengaruhi oleh migrasi dan aktivitas manusia serta di dorong oleh faktor-faktor utama meterologi seperti kecepatan angin dan tingkat relatif kelembaban.

Hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember diperoleh hasil rata-rata, yaitu pada titik A sebesar 40µg/m<sup>3</sup>, titik B sebesar 38µg/m<sup>3</sup>, dan titik C sebesar 39µg/m<sup>3</sup>. Hasil perolehan pengukuran tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya ialah kepadatan kendaraan bermotor yang melalui Jalan Trunojoyo saat pengukuran. Pengukuran pada penelitian ini dilakukan ketika akhir pekan yaitu hari Sabtu, sehingga aktivitas kendaraan bermotor yang diasumsikan sebagai sumber *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara ambien pada hari itu tidak banyak berlalu lalang atau tidak terjadi kepadatan seperti hari-hari kerja sebelumnya. Diketahui Jalan Trunojoyo merupakan jalan di Kabupaten Jember yang terdiri dari beberapa instansi pendidikan dan perkantoran, sehingga ketika libur akhir pekan (*weekend*) menjadikan kendaraan bermotor yang melintasi jalan tersebut berkurang dan tidak

menimbulkan kepadatan jalan. Hasil pengukuran pada penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan Perdana pada tahun 2021, pada penelitian tersebut memperoleh hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di sekitar Bundaran Hotel Indonesia dengan konsentrasi tertinggi pada hari minggu (*weekend*) sebesar 75,6 µg/m<sup>3</sup> (Perdana *et al.*, 2023:4). Hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat perbedaan kondisi lalu lintas meliputi jumlah, kemacetan, dan kecepatan kendaraan yang melewati jalan sekitar Bundaran HI serta beberapa faktor meteorologi daerah tersebut.

Konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dipengaruhi oleh beberapa hal salah satunya ialah faktor meteorologis, seperti suhu, kelembaban, arah angin, dan kecepatan angin. Pada saat pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara, dilakukan juga pengukuran suhu yang memperoleh hasil yang cukup tinggi, yaitu suhu terendah sebesar 24,4 °C dan tertinggi 36,2 °C. Berdasarkan teori terdapat korelasi negatif antara suhu dan konsentrasi partikulat di udara. Diketahui penurunan suhu udara ambien dapat menghambat difusi partikel di udara, sehingga suhu yang rendah dapat menyebabkan udara semakin padat dan konsentrasi pencemar semakin tinggi. Sebaliknya ketika suhu udara yang tinggi dapat membuat perenggangan pada udara, sehingga konsentrasi pencemar semakin rendah (Prabowo dan Muslim, 2018:15). Penelitian ini memiliki hasil yang sama dengan penelitian yang dilakukan di India yang mengamati adanya hubungan terbalik antara konsentrasi PM<sub>2,5</sub> dengan faktor meteorologi suhu udara, yaitu terjadinya peningkatan PM<sub>2,5</sub> udara ambien ketika mengalami penurunan suhu udara (Vaishali *et al.*, 2023:8). Selain itu terdapat penelitian yang dilakukan oleh Hernandez *et al.*, (2017:46) memperoleh hasil pengukuran yang sama, yaitu pada suhu maksimum diperoleh konsentrasi PM<sub>10</sub> udara ambien cenderung rendah, sebaliknya pada suhu minimum diperoleh konsentrasi PM<sub>10</sub> udara ambien pada level tertinggi.

Hasil perolehan konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien dapat dipengaruhi dengan kondisi lembab udara pada saat pengukuran. Berdasarkan teori udara dengan kondisi lembab akan memudahkan proses pengendapan bahan pencemar berbentuk partikel, hal ini dikarenakan air dalam udara akan berikatan dengan partikel seperti *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) sehingga menjadikannya ukuran

yang lebih besar dan mudah jatuh atau tertarik ke permukaan tanah akibat dari gaya gravitasi bumi (Prabowo dan Muslim, 2018:12). Menurut BMKG (2023) pada umumnya kelembaban udara relatif (*relative humidity/RH*) lapisan permukaan di Indonesia berada pada nilai >80% . Pengukuran kelembaban udara pada penelitian ini diperoleh hasil terendah sebesar 52,6% dan tertinggi 85,3% serta memiliki rata-rata kelembaban sebesar 70,01% dalam kurun waktu satu hari. Hal ini mengartikan bahwa kelembaban udara di Jalan Trunojoyo bernilai dibawah pada umumnya kondisi wilayah Indonesia. Terdapat penelitian yang dilakukan oleh Perdana *et al.*, (2023:4) memperoleh kesamaan hasil dengan penelitian ini, yaitu terjadinya peningkatan konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara yang didukung oleh tingginya kelembaban udara relatif. Hal ini terjadi karena kelembaban yang tinggi membantu proses adsorpsi semakin mudah, yaitu perubahan wujud gas menjadi partikel di udara.

Arah dan kecepatan angin turut memberikan pengaruh terhadap konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di udara. Diketahui arah angin dominan Jalan Trunojoyo mengarah kearah barat dengan kecepatan yang berbeda-beda. Diperoleh hasil pengukuran angin dalam rentang kecepatan 0,7 m/s – 2,6 m/s. Berdasarkan teori pergerakan udara atau kecepatan angin mempengaruhi pengangkutan polutan udara secara vertical ataupun horizontal, hal ini mempengaruhi kecepatan konsentrasi dan difusi polutan yang ada dalam udara, sehingga penyebaran polutan lebih cepat karena tidak memiliki waktu cukup untuk mengumpul pada satu lokasi (Prabowo dan Muslim, 2018:15). Terdapat penelitian yang dilakukan Li *et al.*, (2017:7), yaitu memperoleh hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara yang mengalami penurunan dari 56 µg/m<sup>3</sup> menjadi 34 µg/m<sup>3</sup> ketika terdapat peningkatan kecepatan angina dari 0-5 KM/Jam menjadi 5-10 KM/Jam.

#### 4.2.3 Keluhan Pernapasan

Menurut United States Enviromental Protection Agency (US EPA), polusi partikel merupakan padatan mikroskopis dan cairan yang tersuspensi di udara yang terdiri dari beberapa komponen asam (nitrat dan sulfat), bahan kimia, logam,

partikel tanah, dan alergen. Ukuran partikel memiliki potensi secara langsung dalam menyebabkan masalah kesehatan, karena semakin kecil partikel dapat masuk jauh ke paru-paru hingga ke aliran darah. United States Environmental Protection Agency (US EPA) menjelaskan bahwa terdapat beberapa gejala yang bervariasi akibat dari paparan partikel udara. Pada keadaan orang sehat terdapat beberapa gejala atau keluhan pernafasan yang dirasakan, yaitu iritasi pada hidung dan tenggorokan, batuk, batuk berdahak, sesak dada, dan sesak nafas. Pada seseorang dengan kondisi memiliki penyakit paru-paru ketika terpapar partikel, mungkin tidak dapat bernafas sedalam atau sekuat biasanya, sesak nafas, mengi, dan kelelahan tubuh yang tidak seperti biasanya. Pada seseorang dengan kondisi memiliki penyakit jantung, paparan partikel dapat menyebabkan masalah serius dalam waktu singkat (serangan jantung). Sehingga pada seseorang dengan kondisi memiliki penyakit jantung ketika merasakan kelelahan tubuh, nyeri pada dada, palpitasi, hingga sesak nafas, dianjurkan untuk segera memeriksakan diri ke dokter (US EPA, 2022:2).

Pada penelitian ini diperoleh paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan ringan dan paling banyak merasakan jenis keluhan iritasi hidung, yaitu seperti mengalami bersin-bersin, hidung gatal, hidung tersumbat, dan hidung berair. Terdapat hasil penelitian yang dilakukan oleh Fitria, (2016:213), mengemukakan bahwa mayoritas keluhan pernafasan yang dirasakan responden akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) ialah bersin-bersin, hidung gatal, dan hidung berair. Berdasarkan wawancara lebih dalam, keluhan iritasi hidung pada penelitian ini yang dirasakan oleh responden ketika siang hari dimana keadaan Jalan Trunojoyo dipadati oleh kendaraan hingga dirasa jalan sangat berdebu dan cuaca kemarau. Walaupun demikian para responden menyampaikan bahwa hal tersebut sudah sering dialami atau dirasakan, sehingga tidak menjadikan keluhan tersebut suatu permasalahan.

#### 4.2.4 Keluhan Pernapasan berdasarkan Karakteristik Individu

##### a. Usia

Berdasar pada Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), usia atau umur merupakan durasi seseorang hidup atau ada di dunia yang terhitung sejak lahir hingga waktu ulang tahun terakhir. Usia pada penelitian ini merupakan faktor responden yang dapat memberikan pengaruh pada daya tahan tubuh seseorang terhadap paparan toksik (bahan kimia). Penentuan responden penelitian ini mengacu pada KEPMENKES RI Nomor HK.01.07/MENKES/5675/2021 tentang Data Penduduk Sasaran Program Pembangunan Kesehatan Tahun 2021-2025, yaitu usia produktif seseorang pada rentang usia 15-64 tahun. Berdasarkan tabulasi silang antara usia dengan keluhan pernafasan menunjukkan distribusi usia responden pada penelitian ini sangat beragam, paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan berada pada rentang usia 46-55 tahun diantaranya ada keluhan ringan, sedang, dan berat. Sehingga padausia 46-55 tahun memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada kategori usia lainnya. Menurut Gouveia dan Fletcher (2000:754) menyatakan bahwa seiring bertambahnya usia seseorang (kelompok usia lanjut ) memiliki kerentanan lebih terhadap dampak kesehatan hingga kematian akibat dari paparan polusi udara. Penuaan seseorang dapat mengakibatkan penurunan structural dan fungsional pada sistem pernafasan, hingga menyebabkan perbedaan kerja pernafasan apabila dibandingkan pada subjek yang lebih muda (Hasan dan Arusita, 2017:57).

##### b. Jenis Kelamin

Berdasarkan teori jenis kelamin merupakan salah satu pengaruh seseorang mengalami gangguan pernafasan, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan kebutuhan oksigen, genetik, dan beberapa faktor lainnya. Laki-laki memiliki kebutuhan oksigen yang berbanding lurus dengan laju respirasi, sehingga membuat laki-laki memiliki kerentanan yang lebih karena menerima atau menghirup udara lebih banyak dari pada perempuan (Firmanto *et al.*, 2019:237). Terdapat studi yang mengungkapkan bahwa mekanisme penurunan fungsi paru akibat paparan PM<sub>2,5</sub> meliputi respon inflamasi dan stress oksidatif (produksi oksidan/radikal bebas

dalam tubuh lebih besar hingga menghambat antioksidan untuk menetralkan). Dalam hal ini diketahui laki-laki memiliki kemungkinan besar mengalami stres oksidatif dari pada perempuan yang dipicu karena laki-laki biasanya lebih besar dalam beraktivitas fisik seperti berolahraga intens dan lebih lama beraktivitas diluar rumah sehingga dapat memperkuat efek buruk pada fungsi paru akibat paparan  $PM_{2,5}$  (Ye *et al.*, 2021:65147).

Pada penelitian ini didominasi oleh responden berjenis kelamin laki-laki. Hasil analisis tabulasi silang menunjukkan kecenderungan responden laki-laki lebih besar mengalami keluhan pernafasan dari pada perempuan. Diketahui pada penelitian ini diperoleh hasil pengukuran konsentrasi *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) rata-rata  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hasil penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Ma *et al.*, (2022:4), memperoleh hasil analisis yang menunjukkan bahwa perempuan memiliki kecenderungan sensitif terhadap paparan *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) dengan kisaran kadar  $>35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sedangkan laki-laki lebih cenderung sensitif terhadap paparan *Particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) kisaran  $0-35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan menunjukkan bahwa laki-laki lebih rentan terhadap paparan *Particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) yang lebih rendah dari pada wanita.

c. Durasi Paparan

Durasi paparan merupakan lamanya waktu responden beraktivitas dilokasi penelitian yaitu Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember sehingga menjadikan responden mengalami keterpaparan terhadap *particulate matter* ( $PM_{2,5}$ ) udara ambien dalam satu hari. Durasi paparan responden pada penelitian ini terbagi atas dua kategori, yaitu  $\leq 8$  jam dan  $>8$  jam per hari. Menurut Hasibuan (2017:87) semakin lama seseorang berada dilokasi dengan paparan  $PM_{10}$  udara yang berulang-ulang dalam satu hari, maka seseorang tersebut memiliki potensi dalam mengalami keluhan pada saluran pernafasan. Pada penelitian ini diperoleh hasil pada responden dengan durasi paparan  $\leq 8$  jam per hari memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden dengan durasi paparan  $>8$ jam per hari. Hasil perolehan penelitian ini berbeda dengan pernyataan bahwa semakin lama seseorang berada di wilayah tinggi partikel maka semakin besar risiko

terhadap asupan partikel yang diterima (Firmanto *et al.*, 2019). Berdasarkan New York State Department of Health menjelaskan bahwa *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dapat memberikan efek kesehatan jangka pendek pada setiap orang yang terpapar, seperti terjadinya iritasi mata, iritasi hidung, iritasi tenggorokan, batuk, bersin, pilek, dan sesak napas (Department of Health, 2023). Perbedaan hasil pada penelitian ini menjelaskan bahwa durasi paparan bukan merupakan satu-satunya faktor yang dapat menyebabkan seseorang mengalami kecenderungan gangguan pernafasan. Terdapat banyak faktor yang dapat menyebabkan seseorang mengalami keluhan pernafasan. Pada penelitian ini menunjukkan paling banyak responden dengan durasi paparan  $\leq 8$  jam per hari beraktivitas di lingkungan *outdoor* dari pada di lingkungan *indoor*, sehingga hal ini dapat memberikan asumsi bahwa responden dengan paparan  $\leq 8$  jam per hari memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden dengan paparan  $> 8$  jam per hari.

d. Lama Paparan

Lama paparan merupakan waktu lamanya responden beraktivitas dilokasi penelitian yaitu Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember sehingga menyebabkan responden terpapar PM<sub>2,5</sub> udara ambien dalam hitungan tahun. Berdasarkan teori seseorang yang mengalami keterpaparan polutan dalam jangka panjang dapat menyebabkan perubahan fungsi pada organ paru sehingga menyebabkan terganggunya sistem pernafasan pada seseorang (Wardhana, 2004). Durasi paparan atau lamanya seseorang terpapar memiliki keterkaitan dengan gangguan kesehatan karena mempengaruhi besarnya *intake* yang diterima seseorang terhadap agen risiko dalam hal ini, yaitu paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara (Oktaviana, 2019:74). Durasi paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) udara ambien oleh responden pada penelitian ini terbagi menjadi dua kategori, yaitu  $< 20$  tahun dan  $\geq 20$  tahun. Hasil analisis tabulasi silang pada penelitian ini diperoleh paling banyak responden mengalami keluhan pernafasan dengan durasi paparan responden  $< 20$  tahun. Selain itu pada penelitian ini diperoleh hasil rata-rata responden telah beraktivitas di Jalan Trunojoyo dalam kisaran waktu 16,7 tahun. Hasil perolehan pada penelitian ini tidak memiliki hasil yang sama dengan penelitian yang dilakukan Rahmaningsih

dan Haryanto yang menyatakan bahwa orang dewasa dengan lama tinggal lebih dari 20 tahun memiliki 1,07 kali untuk mengalami gangguan pada fungsi paru apabila dibandingkan dengan orang dewasa yang tinggal kurang dari 20 tahun (Rahmaningsih dan Haryanto, 2022).

Paparan suatu agen yang berulang-ulang dalam waktu yang lama dapat menimbulkan adaptasi tubuh terhadap agen tersebut. Sistem kekebalan tubuh merupakan salah satu pertahanan yang dapat melawan faktor patogen eksternal. Terdapat sebuah penelitian yang dilakukan Ma *et al.* (2017) dalam (Li dkk., 2022:8) menunjukkan bahwa paparan *particulate matter* berkepanjangan dapat mengurangi resistensi terhadap agen infeksi yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan. Sehingga dapat diasumsikan responden dengan lama paparan >20 tahun pada penelitian ini berkemungkinan telah mengalami adaptasi, sehingga memiliki kesiapan dan kekebalan fisik apabila terpapar *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>).

e. Jarak Paparan

Jarak paparan pada penelitian ini merupakan jarak antara aktivitas responden dengan lokasi sumber polutan yaitu jalan raya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Pangestika dan Wilti, (2020:26) terkait tingkat risiko paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>), diperoleh hasil analisis bahwa pengukuran yang dilakukan pada titik radius <10 meter dari lokasi pengukuran memiliki nilai *risk quotient* RQ>1. Hal ini mengartikan bahwa masyarakat yang terpapar *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) kurang dari 10 meter masuk dalam kategori tidak aman untuk frekuensi selama 1 tahun. Pada penelitian ini diperoleh hasil tabulasi silang antara jarak paparan dengan keluhan pernafasan yang dirasa paling banyak ialah responden dengan jarak paparan <10 meter mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 24 responden. Sehingga pada penelitian ini, responden dengan jarak paparan <10 meter dari jalan raya memiliki kecenderungan mengalami keluhan pernafasan dari pada responden dengan jarak paparan <10 meter. Terdapat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bakri, (2013:79), memperoleh hasil analisis terkait jarak rumah dengan jalan raya terhadap responden dengan gejala ISPA, yaitu diperoleh hasil mayoritas responden dengan gejala ISPA memiliki jarak

tempat tinggal dengan jalan raya ialah rata-rata 5,39 meter sebanyak 44 dari jumlah total sebesar 63 responden.

f. Status Merokok

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), merokok merupakan aktivitas menghisap rokok. Tercatat oleh *Global Adult Tobacco Survey* (GATS), Indonesia mengalami peningkatan jumlah perokok dewasa sebesar 8,8 juta penduduk, yaitu dari total 60,3 juta pada tahun 2011 menjadi 69,1 juta perokok pada tahun 2021 (Kemenkes, 2022). Pada satu batang rokok diketahui mengandung 4000 zat kimia yang dapat memberikan dampak berbahaya bagi tubuh (Kemenkes, 2023). Berdasarkan teori Sabiston (1995:88) menjelaskan bahwa aktivitas merokok sangat memiliki pengaruh dalam pembersihan mukosiliaris pada saluran pernafasan serta dapat membentuk sekresi (proses pembentukan dan pengeluaran kelenjar) lebih kental dan lengket. Penelitian ini kategori merokok seseorang dikategorikan berdasarkan Indeks Brinkman (IB), yaitu perokok ringan, sedang, dan berat. Hasil tabulasi silang pada penelitian ini memperoleh informasi paling banyak responden bukan perokok mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 14 responden dengan presentase 20,6%. Berdasarkan hasil wawancara, responden bukan perokok mengeluhkan terlalu lama berada di lokasi penelitian sehingga ketika suasana lingkungan dirasa berdebu, menjadikan responden mengalami beberapa gejala pernafasan. Sedangkan responden perokok paling banyak mengalami keluhan pernafasan ialah berkategori perokok ringan dengan nilai Indeks Brinkman (IB) <200 mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 7 orang dengan presentase 10,3%.

g. Penggunaan Masker

Penggunaan masker merupakan salah satu upaya mengurangi paparan secara langsung karena dapat menghalangi masuknya polusi salah satunya ialah *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) melalui udara yang terhirup ke dalam saluran pernafasan. Berdasarkan teori penggunaan masker sebagai alat pelindung diri tidak dapat secara sempurna melindungi diri, namun mampu mengurangi tingkat keparahan yang

sekiranya terjadi apabila mengalami atau berada di lingkungan berbahaya (Albyn *et al.*, 2022:160). Pada penelitian ini didominasi hasil responden tidak menggunakan masker sebanyak 59 dan 9 responden menggunakan masker ketika beraktivitas di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember. Hasil tabulasi silang antara penggunaan masker dan keluhan pernafasan memperoleh hasil bahwa responden yang tidak menggunakan masker cenderung mengalami keluhan pernafasan hingga pada tingkat kategori yang berat. Selain itu diperoleh informasi lebih dalam terkait alasan tidak menggunakan masker ketika wawancara ialah banyak responden mengeluhkan serta merasa lebih sukar untuk bernafas lega apabila menggunakan masker. Oleh karena itu mayoritas responden memilih untuk tidak menggunakan masker ketika beraktivitas di Jalan Trunojoyo. Selain itu diperoleh informasi terkait beberapa orang yang menggunakan masker ketika beraktivitas dipicu karena rasa aman dan nyaman yang muncul ketika menggunakan masker. Hal ini dikemukakan beberapa responden sejak adanya pandemi COVID-19 melanda, sehingga memunculkan keinginan memproteksi diri.

h. Aktifitas *Indoor* dan *Outdoor*

Letak aktivitas *indoor* dan *outdoor* menjadi salah satu indikasi dalam mengetahui responden terpajan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) secara langsung atau tidak. Terdapat penelitian yang dilakukan Arba, (2019:182) memperoleh hasil yang menunjukkan bahwa responden terpajan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) memiliki resiko 1,174 kali lebih besar untuk mengalami gangguan kesehatan daripada responden yang tidak terpajan. Selain itu terdapat laporan sejarah terkait data mortalitas dan morbiditas kardiorespirasi (kemampuan sistem pernapasan dan kardiovaskuler) dengan tingginya peningkatan polutan udara *outdoor* khususnya paparan *particulate matter* (Liu *et al.*, 2008:124). Pada penelitian ini diperoleh hasil paling banyak responden beraktivitas diluar ruangan (*outdoor*) mengalami keluhan pernafasan ringan sebanyak 23 responden. Responden yang beraktivitas dalam ruangan (*indoor*) paling banyak dalam keadaan normal atau tidak mengeluhkan gangguan pernafasan sebanyak 6 responden. Sehingga pada responden yang beraktivitas di luar ruangan (*outdoor*) memiliki kecenderungan mengalami keluhan

pernafasan dari pada responden yang beraktivitas di dalam ruangan. Berdasarkan pengamatan peneliti, seluruh responden beraktivitas dalam ruangan dengan kondisi yang terbuka. Selain itu berdasarkan hasil wawancara kepada responden dengan aktivitas dalam ruangan (*indoor*), sebagian besar menjelaskan bahwa mereka tidak merasakan efek negatif terhadap kesehatan akibat paparan polutan kendaraan karena merasa memiliki jarak yang cukup jauh dari jalan raya. Terdapat tiga mekanisme utama yang memungkinkan udara luar dapat masuk dan mempengaruhi udara dalam ruangan, yaitu melalui ventilasi mekanis (kipas angin, *air conditioner*), ventilasi alami (polutan udara terbawa angin masuk melalui pintu dan jendela bangunan), dan infiltrasi (melalui keretakan dan kebocoran pada bangunan) (Leung, 2015:3).

#### 4.3 Keterbatasan Penelitian

Adapun beberapa keterbatasan peneliti dalam penelitian ini, yaitu:

1. Penentuan hari pengukuran kualitas udara atau pengumpulan data berdasarkan waktu yang disepakati peneliti bersama dengan pihak laboratorium.
2. Pengukuran kualitas udara parameter  $PM_{2,5}$  dilakukan dalam beberapa waktu dan kemudian dikonversikan dalam 24 jam, sehingga hasil pengukuran pada penelitian ini tidak dapat digeneralisasi berdasarkan Baku Mutu Lingkungan (BML) pada PP RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
3. Pada penelitian ini tidak mencantumkan hasil rata-rata  $PM_{2,5}$  setiap waktu pengukuran, dikarenakan terdapat keterbatasan peneliti dalam mengakses dan menggunakan aplikasi perhitungan.

**BAB 5. PENUTUP****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Analisis Konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) dan Keluhan Pernapasan Masyarakat di Kawasan Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Responden pada penelitian ini didominasi responden berjenis kelamin laki-laki dan memiliki rentang usia 45-55 tahun. Sebagian besar beraktivitas di lokasi penelitian/lama paparan setiap harinya ialah  $\leq 12$  jam, durasi pajanan responden sebagian besar selama  $<20$  tahun, jarak responden dengan jalan raya sebagai sumber pajanan sebagian besar  $<10$  meter, penggunaan masker oleh responden ketika beraktivitas sebagian besar ialah tidak menggunakan masker, status merokok responden sebagian besar ialah responden merokok dengan kategori perokok ringan, dan letak aktivitas sebagian besar responden ketika beraktivitas ialah diluar ruangan (*outdoor*).
- b. Konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) pada tiga titik lokasi di Jalan Trunojoyo Kabupaten Jember memperoleh hasil konsentrasi pada titik A (Depan Bank BPR) yaitu  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pada titik B (di kawasan sekitar Gramedia) yaitu  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan pada titik C (Haqyna Tobaku) yaitu  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- c. Sebagian besar responden mengalami keluhan pernapasan ringan sebanyak 23 responden.
- d. Tabulasi silang keluhan pernafasan berdasarkan karakteristik individu masyarakat kawasan Jalan Trunojoyo menunjukkan mayoritas seluruh responden mengalami keluhan pernafasan ringan, yaitu pada rentang usia 46-55 tahun, responden berjenis kelamin laki-laki, beraktivitas di lokasi penelitian dalam kurun waktu  $\leq 8$  jam per harinya, telah beraktivitas selama  $<20$  tahun, jarak pajanan atau lokasi aktivitas responden dengan jalan raya  $<10$  meter, responden tidak menggunakan masker, responden bukan perokok, dan mayoritas beraktivitas *outdoor*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, berikut beberapa saran yang mungkin dapat dipertimbangkan dan dilaksanakan sebagai upaya mencapai lingkungan yang lebih bersih dan masyarakat yang sehat, yakni:

- a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember  
Diharapkan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jember untuk menambahkan parameter *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) dalam melakukan pemantauan atau pengukuran kualitas udara ambien secara berkala khususnya pada wilayah dengan keadaan kendaraan bermotor yang cukup padat.
- b. Bagi Masyarakat
  1. Diharapkan masyarakat lebih peduli terhadap kesehatan diri sendiri dengan melakukan beberapa upaya untuk meminimalisir gangguan pernafasan yang disebabkan dari paparan polusi udara, seperti menggunakan masker dengan benar.
  2. Diharapkan bagi masyarakat yang tinggal di kawasan Jalan Trunojoyo dapat melakukan penataan tempat dengan memberikan ruang terbuka hijau atau penanaman pohon serta tanaman hias yang dapat menyerap polusi dan memberikan kesejukan pada udara, seperti tanaman lidah mertua (*Sansevieria*).
- c. Bagi Peneliti Selanjutnya
  1. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan kajian mengenai Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan tujuan untuk menghitung ataupun memprediksi risiko kesehatan masyarakat akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>). Mengingat dampak jangka panjang dari paparan (PM<sub>2,5</sub>) ialah penurunan fungsi paru, bronkritis kronis, hingga kematian dini.
  2. Diharapkan dapat melakukan tambahan pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) di wilayah *indoor* atau dalam ruangan, sehingga dapat lebih mengetahui perbedaan antara udara ambien dalam dan luar ruangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albyn, D. F., M. A. Making, Iswati, P. Selasa, H. P. Rusiana, Muh. J. Sapwal, N. A. Primasari, R. Shodiqurrahman, A. Badi'ah, S. H. Istiqomah, N. Fajriyah, A. Rifai, L. M. A. Isnaeni, dan K. Anwar. 2022b. *Keselamatan Pasien dan Keselamatan Kesehatan Kerja*. Bandung: Penerbit Media Sains Indonesia.
- Arba, S. 2019. Konsentrasi Respirable Debu Particulate Matter (Pm<sub>2,5</sub>) Dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Pemukiman Sekitar PLTU. *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 9:178–184.
- As'ari, R. M. 2022. Hubungan Kadar PM<sub>2,5</sub> Dan PM<sub>10</sub> Terhadap Keluhan Dyspnea Warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. *Environmental Pollution Journal*. 2(2):419–425.
- Bakri, J. B. 2013. Analisis Konsentrasi Pm<sub>10</sub> Di Lingkungan Pemukiman Terhadap Gejala ISPA Pada Penduduk Di Kelurahan Rawa Makmur Kecamatan Palaran. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- BMKG. 2023. *Analisis Dinamika Atmosfer Dasarian II Juli 2023*. [online] Available at : <https://www.bmkg.go.id/iklim/dinamika-atmosfir.bmkg> [Diakses 7 Juli 2023]
- BPK. 2021. *Pengendalian Pencemaran Udara di Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta: BPK
- BPS. 2021. *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka*. Surabaya: BPS Provinsi Jawa Timur.
- Brugge, D., J. L. Durant, dan C. Rioux. 2007. Near-Highway Pollutants In Motor Vehicle Exhaust: A Review Of Epidemiologic Evidence Of Cardiac And Pulmonary Health Risks. *Environmental Health*. 6(1):23.
- Christiani, Y. M. 2017. Hubungan Konsentrasi PM<sub>10</sub> Dan Karakteristik Pekerja Terhadap Keluhan Subjektif Gangguan Pernapasan Akut Pada Petugas Di Area Basement Parkir Mal Blok M Dan Poin Square Tahun 2016. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Daud, A. dan B. Sedionoto. 2010. Analisis Risiko Konsentrasi SO<sub>2</sub> Dan PM<sub>2,5</sub> Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru Penduduk Di Sekitar Kawasan Industri Makassar. 4:129–137.

Department of Health. 2023. Particle Pollution and Health. [https://www.health.ny.gov/environmental/indoors/air/pmq\\_a.htm#:~:text=Fine%20particles%20in%20the%20air,nose%2C%20and%20shortness%20of%20breath](https://www.health.ny.gov/environmental/indoors/air/pmq_a.htm#:~:text=Fine%20particles%20in%20the%20air,nose%2C%20and%20shortness%20of%20breath).

DLHK Banten. 2022. Pelaksanaan Pengambilan Sampel Udara. [https://dlhk.bantenprov.go.id/upload/article/Teknik\\_Pengambilan\\_Sampel\\_Udara.pdf](https://dlhk.bantenprov.go.id/upload/article/Teknik_Pengambilan_Sampel_Udara.pdf)

Fakih, A. M., M. Marwan, dan R. Bakhtiar. 2020. Hubungan Masa Aktivitas Di Jalan Terhadap Nilai Rerata Fvc Dan Fev<sub>1</sub> Pada Anak Jalanan Di Kota Samarinda. *Jurnal Kedokteran Mulawarman*. 7(2):11.

Firmanto, J., M. Firdaust, dan H. Hikmandari. 2019a. Pengaruh Paparan Particulate Matter 10 (Pm<sub>10</sub>) Di Udara Terhadap Keluhan Sistem Pernapasan Masyarakat Di Sekitar Pabrik Semen X Desa Tipar Kidul Kecamatan Ajibarang Tahun 2018. *Buletin Keslingmas*. 38(2):234–242.

Fitria, N. 2016. Description Of Particulate Matter<sub>2,5</sub> With Library Worker's Health Complaint In Campus B Universitas Airlangga. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(2):206.

Gouveia, N. dan T. Fletcher. 2000. Time Series Analysis Of Air Pollution And Mortality: Efects By Cause, Age And Socioeconomic Status. *Journal Epidemiol Community*. 54:750–755.

Hasan, H. dan R. Arusita. 2017. Perubahan Fungsi Paru Pada Usia Tua. *Jurnal Respirasi*. 3:52–57.

Hasibuan, I. R. 2017. Analisis Kadar Particulate Matter 10 (PM<sub>10</sub>) dan Karakteristik Petugas Dinas Perhubungan terhadap Keluhan Gangguan Saluran Pernapasan di Terminal Terpadu Kota Medan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Hernandez, G., T.-A. Berry, S. L. Wallis, dan P. David. 2017. Temperature And Humidity Effects On Particulate Matter Concentrations In A Sub-Tropical Climate During Winter. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*. 102
- Kemenkes. 2022. *Perokok Dewasa di Indonesia Meningkat dalam Sepuluh Tahun Terakhir*. [Online] Available at : <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/perokok-dewasa-di-indonesia-meningkat-dalam-sepuluh-tahun-terakhir/>. [Diakses 21 Juli 2023]
- Kemenkes. 2023. Dampak Buruk Rokok Bagi Perokok Aktif dan Pasif. <https://promkes.kemkes.go.id/dampak-buruk-rokok-bagi-perokok-aktif-dan-pasif>
- Khotimah, I. F. Jaya, K. P. Sihombing, M. Limbong, L. A. Shintya, N. Purnamasari, dan N. Hidayah. 2022. *Penyakit Gangguan Sistem Tubuh*. Edisi 1. Yayasan Kita Menulis.
- KLHK. 2022. *KLHK Gelar Uji Emisi, Tekan Polusi Udara di Wilayah Kota*. Jakarta: KLHK
- Kuźma, Ł., K. Struniawski, S. Pogorzelski, H. Bachórzewska-Gajewska, dan S. Dobrzycki. 2020. Gender Differences In Association Between Air Pollution And Daily Mortality In The Capital Of The Green Lungs Of Poland–Population-Based Study With 2,953,000 Person-Years Of Follow-Up. *Journal of Clinical Medicine*. 9(8):2351.
- Leung, D. Y. C. 2015. Outdoor-Indoor Air Pollution In Urban Environment: Challenges And Opportunity. *Frontiers in Environmental Science*. 2
- Li, T., Y. Yu, Z. Sun, dan J. Duan. 2022. A Comprehensive Understanding Of Ambient Particulate Matter And Its Components On The Adverse Health Effects Based From Epidemiological And Laboratory Evidence. *Particle and Fibre Toxicology*. 19(1):67.
- Li, X., Y. J. Feng, dan H. Y. Liang. 2017. The Impact Of Meteorological Factors On Pm2.5 Variations In Hong Kong. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 78:012003.

- Liu, Y., R. P. Padilla, N. Hudson, dan D. Mannino. 2008. Outdoor And Indoor Air Pollution And Copd-Related Diseases In High- And Low-Income Countries. *The International Journal Of Tuberculosis And Lung Disease*. 12(2):115–127.
- Ma, Z., X. Meng, C. Chen, B. Chao, C. Zhang, dan W. Li. 2022. Short-Term Effects Of Different Pm2.5 Ranges On Daily All-Cause Mortality In Jinan, China. *Scientific Reports*. 12(1):5665.
- Masturoh, I. dan N. Anggita. 2018a. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Masturoh, I. dan N. Anggita. 2018b. *Metode Penelitian Kesehatan*. Edisi 1. Jakarta: Kemenkes.
- Mukono. 2003. *Pencemaran Udara Dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Edisi 2. Surabaya: University Airlangga Press.
- Mukono. 2014. *Pencemaran Udara Dalam Ruangan Berorientasi Kesehatan Masyarakat*. Edisi Pertama. Surabaya: Airlangga University Press (AUP).
- Musfirah dan A. F. Rangkuti. 2018. Hubungan Durasi Pajanan PM10 Dengan Kapasitas Vital Paksa Paru Satpam Dan Petugas Parkir Di Kampus X Kota Yogyakarta. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*. 7:133–142.
- Muttaqin, A. 2008. *Buku Ajar: Asuhan Keperawatan Klien Dengan Gangguan Sistem Pernapasan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Nabilla, N. S. dan H. L. Dangiran. 2018. Hubungan Paparan Debu Terhirup Dengan Gangguan Fungsi Paru Pada Masyarakat Berisiko Di Jalan Prof. Soedarto Semarang. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT*. 6:10.
- Ni, Y., G. Shi, dan J. Qu. 2020. Indoor PM2.5, Tobacco Smoking And Chronic Lung Diseases: A Narrative Review. *Elsevier*. 181
- Oktaviana, D. L. 2019. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Particulate matter (PM2,5) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Orellano, P., J. Reynoso, N. Quaranta, A. Bardach, dan A. Ciapponi. 2020. Short-Term Exposure To Particulate Matter (PM10 And PM2.5), Nitrogen Dioxide (No2), And Ozone (O3) And All-Cause And Cause-Specific Mortality: Systematic Review And Meta-Analysis. *Environment International*. 142:105876.

Pangestika, R. dan I. R. Wilti. 2020. *Karakteristik Risiko Non-Karsinogenik Akibat Paparan Pm2,5 Pada Masyarakat Di Kawasan Komersial Kota Jakarta*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Prof. Hamka

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. 2021. *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta.

Perdana, A. R., A. Indiani Pangastuti, dan Y. Donni Haryanto. 2023. Analisis Konsentrasi Pm10 Dan Pm2.5 Pada Titik Pemantauan Bundaran Hi Jakarta Pusat Peri- Ode Data Februari-Oktober 2021. *Jurnal Samudra Geografi*. 6(1):1–8.

Prabowo, K. dan B. Muslim. 2018. *Penyehatan Udara*. Edisi 1. Jakarta: Kemenkes.

Purnomo, A. dan T. Anwar. 2015. Paparan Debu Kayu (PM10) Terhadap Gejala Penyakit Saluran Pernafasan Pada Pekerja Meubel Sektor Informan. *Jurnal Vokasi Kesehatan*. 1:181–187.

Putri, F. N. 2020. Analisis Paparan Particulate Matter 10 (PM10) Dan Gangguan Pernapasan Pada Petugas Kementerian Perhubungan Terminal Pinang Baris Kota Medan Tahun 2020. 86.

Rahmaningsih, G. dan B. Haryanto. 2022. Hubungan Paparan PM2,5 Terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Orang Dewasa Di Kecamatan Ciwandan, Kota Cilegon Tahun 2022. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*. 7(6):8471–8480.

Randolph, L. M. 2023. *Inhalable Particulate Matter and Health (PM 2,5 and PM10)*

Rauf, S., I. Appulembang, Sugiyarto, dan D. P. Nugraha. 2021. *Teori Keperawatan Medikal Bedah*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.

- Sabiston. 1995. *Buku Ajar Bedah*. 1. Edisi 2. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Safrida. 2020. *Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Edisi 1. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Sastroasmoro, S. dan S. Ismael. 2014. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta: Sagung Seto.
- Siyoto, S. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Edisi 1. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sujarweni, V. W. 2015. *SPSS untuk Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Sun, R., Y. Zhou, J. Wu, dan Z. Gong. 2019. Influencing Factors Of PM2.5 Pollution: Disaster Points Of Meteorological Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(20):3891.
- Suryani, A. S. 2022. Polusi Udara Di Wilayah Perkotaan Indonesia. 2. [Online] Available at : [https://berkas.dpr.go.id/puslit/files/isu\\_sepekan/Isu%20Sepekan---III-PUSLIT-Juni-2022-236.pdf](https://berkas.dpr.go.id/puslit/files/isu_sepekan/Isu%20Sepekan---III-PUSLIT-Juni-2022-236.pdf) [Diakses 01 Agustus 2022].
- Swarjana, I. K. 2016. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Edisi 2. Yogyakarta: Andi Offset.
- Tolinggi, S. 2021. *Kesehatan Lingkungan Industri : Pendekatan Biologi Molekuler dalam Menganalisis Penurunan Fungsi Paru Para Pekerja dari Aktivitas Serum Interleukin*. Edisi 8. Tasikmlaya: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI).
- US EPA. 2022b. Health And Environmental Effects Of Particulate Matter (PM). 2. [Online] Available at : <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm> [Diakses 01 Agustus 2022].

US EPA. 2023. *Particulate Matter (PM) Pollution*. [Online] Available at : <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM> [Diakses 24 Juli 2023]

Vaishali, G. Verma, dan R. M. Das. 2023. Influence Of Temperature And Relative Humidity On Pm2.5 Concentration Over Delhi. *MAPAN*

Wardani, E. K., Sasmiyanto, dan F. Putri. 2021. Hubungan Derajat Sesak Nafas Penyakit Paru Obstruksi Kronik Dengan Tingkat Kecemasan Pasien Rawat Inap Rumah Sakit Paru Jember

Wardoyo, A. Y. P. 2016. *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor Dan Dampak Kesehatan*. Edisi Pertama. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press).

WHO. 2021a. *Ambient (Outdoor) Air Pollution*. [Online] Available at : [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) [Diakses 17 April 2022].

Ye, Z., B. Wang, G. Mu, Y. Zhou, W. Qiu, S. Yang, X. Wang, Z. Zhang, dan W. Chen. 2021. Short-Term Effects Of Real-Time Individual Fine Particulate Matter Exposure On Lung Function: A Panel Study In Zhuhai, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 28(46):65140–65149.

Zhang, J. dan Q. Mu. 2018. Air Pollution And Defensive Expenditures: Evidence From Particulate-Filtering Facemasks. *Journal of Environmental Economics and Management*. 92:517–536.

**LAMPIRAN**

Lampiran A. *Informed Consent*

**LEMBAR PERSETUJUAN (*INFORMED CONSENT*)**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :

No. HP:

Alamat:

Menyatakan bersedia menjadi responden atau subjek penelitian secara sukarela dan tanpa tekanan yang dilakukan oleh:

Nama : Amalia Rizky Ramadhany

NIM : 172110101149

Judul : Analisis Konsentrasi PM<sub>2,5</sub> Udara Ambien dan Keluhan Pernafasan pada Masyarakat di Kawasan Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember

Prosedur penelitian ini tidak memberikan risiko apapun kepada responden. Saya telah diberikan penjelasan dan kesempatan bertanya mengenai beberapa hal yang belum dipahami serta memperoleh jawaban yang jelas. Sehingga dengan ini saya menyatakan bahwa memberikan jawaban secara jelas dan jujur. Kerahasiaan responden dan jawaban akan dijamin sepenuhnya oleh peneliti.

Jember, .....2023

Responden

## Lampiran B. Kuesioner Penelitian

**KUESIONER PENELITIAN****Karakteristik Responden**

Nama responden :  
Nomor responden :  
Jenis Kelamin : Perempuan/Laki-laki  
Pekerjaan :  
Tanggal Lahir : , (usia:.....Tahun)  
Alamat Tinggal :  
Jarak Tinggal dengan Jalan:

Isilah jawaban dibawah ini sesuai dengan jawaban responden.

1. Berapa lamakah anda sudah tinggal ataupun beraktivitas rutin setiap hari di kawasan Jl.Trunojoyo? .....tahun
2. Dimanakah anda lebih sering beraktivitas?
  - a. *Outdoor*
  - b. *Indoor*
3. Berapa lamakah anda setiap hari beraktivitas di luar ruangan yang terpapar udara ambien Jl. Trunojoyo? .....jam/hari
4. Apakah anda merokok?
  - a. Ya
  - b. Tidak
5. Jika iya merokok, berapa banyak rokok yang biasanya Anda konsumsi setiap harinya? .....batang/hari
6. Sudah berapa lamakah Anda merokok? .....tahun
7. Jika tidak merokok, apakah anda terpapar asap rokok?
  - a. Ya
  - b. Tidak

## Lampiran C. Kuesioner Keluhan Pernapasan

**Keluhan Pernapasan Responden**

Berilah tanda (√) pada pernyataan keluhan yang sesuai atau dirasakan oleh responden.

No.	Keluhan Pernapasan yang Dirasakan	Jawaban	
		Ya	Tidak
1.	Apakah saat ini merasakan iritasi pada hidung? a. Bersin-bersin (...) b. Hidung tersumbat (...) c. Hidung gatal (...) d. Hidung berair (...)		
2.	Apakah sedang mengalami nyeri pada tenggorokan? a. Kesulitan menelan/rasa perih (...) b. Rasa gatal pada tenggorokan (...)		
3.	Apakah sedang mengalami batuk?		
4.	Apakah sedang mengalami batuk berdahak?		
5.	Apakah mengalami sesak nafas atau sulit bernafas ketika sedang beraktivitas dikondisi jalan raya berdebu?		
6.	Apakah mengalami nyeri pada dada ketika sedang beraktivitas dikondisi jalan raya berdebu?		

**Penilaian keluhan pernapasan**

Kategori responden yang mengalami keluhan pernapasan, yaitu :

- a. Tidak ada keluhan apabila tidak merasakan keluhan pernapasan
- b. Ringan apabila merasakan 1-2 jenis keluhan pernapasan
- c. Sedang apabila merasakan 3-4 jenis keluhan pernapasan
- d. Berat apabila merasakan 5-6 jenis keluhan pernapasan atau merasakan 1-2 jenis keluhan sesak nafas dan nyeri dada

### Informasi Tambahan

a. Iritasi Hidung atau Rhinitis

Rhinitis merupakan kondisi pada mukosa hidung yang mengalami inflamasi akibat adanya paparan alergen yang ditandai dengan terjadinya hidung gatal, hidung tersumbat, bersin, dan rinorea (Rauf *et al.*, 2021:112).

b. Nyeri tenggorokan

Nyeri tenggorokan atau faringitis merupakan inflamasi yang terjadi pada saluran pernafasan (tonsil, palatum dan uvula) akibat dari infeksi virus, bakteri, atau fungus. Faringitis biasanya memiliki keluhan seperti kesulitan menelan, demam, malaise, batuk, peningkatan sel darah putih. Faringitis kronis sering dialami oleh peokok, pekerja dilingkungan berdebu, atau menggunakan suara yang berlebih (Rauf *et al.*, 2021:119-123).

c. Batuk

Batuk merupakan kondisi refleks dalam pertahanan yang dapat terjadi akibat iritasi percabangan trakehobronkial, sehingga batuk merupakan mekanisme penting yang dilakukan tubuh sebagai respon dalam membersihkan saluran nafas bagian bawah (Rauf *et al.*, 2021:119-123).

d. Batuk berdahak

Dahak atau spuntum yang keluar melalui proses batuk merupakan mukus yang tertimbun pada saluran pernafasan akibat dari pembentukan secara berlebihan. Kondisi mukus yang berlebih disebabkan oleh gangguan fisik, kimiai, ataupun infeksi membrane mukosa (Rauf *et al.*, 2021:119-123).

e. Sesak nafas

Sesak nafas pada keadaan orang normal merupakan kondisi yang dapat terjadi akibat dari kegiatan fisik dengan tingkat yang berbeda atau adanya peningkatan kerja pernafasan akibat resistensi elastic paru maupun dinding dada (Rauf *et al.*, 2021:119-123).

f. Nyeri dada

Nyeri dada yang terjadi yaitu rasa sakit seperti teriris tajam kemudian diperberat dengan batuk, bersih, dan tarikan nafas yang dalam (Rauf *et al.*, 2021:119-123).

Lampiran D. Form Pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien

**Form Hasil Pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Ambien**

Tanggal pengukuran :

Alat yang digunakan :

Petugas sampling udara :

No.	Lokasi Pengukuran	Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2,5</sub> )	Keterangan
1.				
2.				
3.				

Lampiran E. Lembar Observasi

**Lembar Observasi Penggunaan Alat Pelindung Diri (Masker)**

Nama Responden :

Nomor Kuesioner :

Tanggal Wawancara :

Berilah tanda (√) pada pernyataan yang sesuai

No.	Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Menggunakan masker dengan benar ketika beraktivitas di lokasi penelitian		
2.	Menggunakan masker medis/sekali penggunaan setiap beraktivitas di lokasi penelitian		

Lampiran F. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pengukuran Faktor Meterologi Udara Lokasi B



Gambar 2. Pengukuran Kadar *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) Udara Lokasi A



Gambar 3. Wawancara kepada Responden



Gambar 4. Persetujuan Wawancara Responden



Gambar 5. Pengukuran (PM<sub>2,5</sub>) Udara Lokasi C



Gambar 6. Pengukuran Faktor Meterologi Udara Lokasi C



Gambar 7. Pengukuran Faktor Meterologi Udara Lokasi B



Gambar 8. Pengukuran (PM<sub>2,5</sub>) Udara Lokasi B

## Lampiran G. Surat Ijin Penelitian



**PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER**  
**KECAMATAN KALIWATES**  
 JL. HAYAM WURUK NO.167 TELP. (0331) 487741  
 JEMBER 68136

Jember, 22 Mei r 2023

Nomor : 072/252/35.09.01/2023  
 Sifat : Penting  
 Lampiran : ---  
 Perihal : **IJIN PENELITIAN**

Kepada  
 Yth. Sdr.Lurah 1. Kepatihan  
 2. Jember Kidul  
 di -  
**JEMBER**

Berdasarkan surat Rekomendasi Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Jember tanggal 17 Mei 2023 Nomor :072/1579/ 415 / 2023 maka bersama ini apabila tidak mengganggu kewenangan dan ketentuan yang berlaku, diharapkan memberi bantuan, tempat dan atau data seperlunya untuk kegiatan dimaksud

Kepada :

Nama : AMALIA RIZKY RAMADHANY /172110101149  
 Intansi :Universitas Jember/Fakultas Kesehatan Masyarakat Ilmu Kesehatan Masyarakat.  
 Alamat :Jln.Kalimantan Kampus Bumi Tegal No.1/93,Krajan Timur,Boto,Kec.Sumpersari,Jember.  
 Keperluan : Melaksanakan Kegiatan Penelitian dengan Judul/terkait, Analisis Konsentrasi PM2,5 Udara Ambien dan Keluhan Pernafasan pada Masyarakat di Kawasan JL.Trunojoyo Kabupaten Jember.  
 Lokasi Waktu : Kelurahan ,Kepatihan,Kelurahan Jember Kidul.  
 : 22 Mei s/d 01 Juli 2023

Catatan : 1.Kegiatan dimaksud benar-benar untuk Kepentingan Pendidikan.  
 2. Tidak dibenarkan melakukan aktivitas politik.  
 3. Apabila situasi dan kondisi wilayah tidak memungkinkan akan dilakukan penghentian kegiatan.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.



## Lampiran H. Surat Ijin Penelitian



PEMERINTAH KABUPATEN JEMBER  
KECAMATAN KALIWATES  
KELURAHAN JEMBER KIDUL  
Jln. Sunan Muria No. 45 Email : kel.jemberkidul@jemberkab.go.id  
JEMBER 68131

Jember, 23 Mei 2023

Nomor : 072/ 44 / 35.09.01.2005/ 2023  
Sifat : Penting  
Lampiran : -  
Perihal : Permohonan Ijin Penelitian

K e p a d a  
Yth. Sdr. Ketua RT dan RW se- Wilayah  
Kelurahan Jember Kidul  
di.

JEMBER

Berdasarkan Surat Rekomendasi dari Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Jember Nomor : 072/1579/415/2023 tanggal 17 Mei 2022 perihal Penelitian dan Surat dari Camat Kaliwates Nomor : 072/ 253/ 35.09.01/2023 tanggal 22 Mei 2023 perihal Ijin Penelitian, maka bersama ini kami harapkan saudara/ i memberi bantuan tempat dan data seperlunya untuk kegiatan penelitian dimaksud kepada :

Nama : AMALIA RIZKY RAMADHANY  
NIM : 172110101149  
Instansi : Fakultas Kesehatan Masyarakat Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.  
Alamat : Jl. Kalimantan Kampus Bumi Tegal No. 1/ 93 Krajan Timur Tegal Boto. Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.  
Lokasi Penelitian : Kelurahan Jember Kidul Kecamatan Kaliwates  
Waktu Kegiatan : 22 Mei s/d 01 Juli 2023

Pelaksanaan ijin diberikan dengan ketentuan :

1. Kegiatan dimaksud benar-benar untuk kepentingan Pendidikan
2. Tidak dibenarkan melakukan aktivitas politik
3. Apabila situasi dan kondisi di wilayah tidak memungkinkan, akan dilakukan penghentian kegiatan.

Demikian surat ini dibuat, atas perhatian dan kerjasama yang baik disampaikan terima kasih.



Penata  
NIP. 19871205 200604 2 003

## Lampiran I. Surat Komite Etik

**KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN**  
**HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE**  
**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS JEMBER**  
**FACULTY OF PUBLIC HEALTH UNIVERSITY OF JEMBER**

**KETERANGAN LAYAK ETIK**  
**DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION**  
**"ETHICAL EXEMPTION"**

No.415/KEPK/FKM-UNEJ/VI/2023

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :  
*The research protocol proposed by*

**Peneliti utama** : Amalia Rizky Ramadhany  
*Principal In Investigator*

**Nama Institusi** : Fakultas Kesehatan Masyarakat  
 Universitas Jember  
*Name of the Institution*

Dengan judul:  
*Title*

**"Analisis Konsentrasi PM2,5 Udara Ambien dan Keluhan Pernafasan pada Masyarakat di  
 Kawasan Jl. Trunojoyo Kabupaten Jember"**

*"The Analysis of Ambient Air Particulate Matter (PM2,5) and Respiratory Symptoms at Trunojoyo Street,  
 Jember Regency"*

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 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 indicators of each standard.*

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 08 Juni 2023 sampai dengan tanggal 08 Juni 2024.

*This declaration of ethics applies during the period June 08, 2023 until June 08, 2024.*



June 08, 2023

Professor and Chairperson,

Dr. Candra Bumi, dr., M.Si.

## Lampiran J. Hasil Laboratorium



LABORATORIUM PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA  
DAN PERUBAHAN IKLIM  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

Data Analisa Udara

Pemilik : Amalia Rizky Ramadhany  
Lokasi : Jl. Trunojoyo, Jember  
Tanggal : 17 Juni 2023

Titik	Suhu	Kelembaban (%)	Kecepatan Angin (m/dt)	PM 2,5 (24 Jam) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Arah Angin
1	24,4 - 32,7	62,6 - 83,6	0,7 - 2,6	40	Ke Barat
2	25,8 - 34,0	56,1 - 85,3	0,7 - 1,4	38	Ke Barat
3	25,5 - 36,2	52,6 - 80,6	0,7 - 2,5	39	Ke Barat

Catatan:  
Baku mutu udara ambien PM 2,5 (24 jam) adalah PP No. 22 Tahun 2021 sebesar  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Surabaya, 20 Juni 2023  
Pengendalian Pencemaran  
Udara dan Perubahan Iklim  
Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS

  
 Mohamad Allan Samudra  
 NIP. 196312052007011002

Lampiran K. Hasil Analisis Data

**KeluhanPernafasan**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Berat	10	14.7	14.7	14.7
Normal	27	39.7	39.7	54.4
Ringan	23	33.8	33.8	88.2
Sedang	8	11.8	11.8	100.0
Total	68	100.0	100.0	

**UsiaKategori \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	Total
UsiaKategori	≤25	Count	0	0	2	0	2
		% of Total	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	2.9%
	26-35	Count	0	2	4	1	7
		% of Total	0.0%	2.9%	5.9%	1.5%	10.3%
	36-45	Count	5	6	3	3	17
		% of Total	7.4%	8.8%	4.4%	4.4%	25.0%
	46-55	Count	3	12	9	1	25
		% of Total	4.4%	17.6%	13.2%	1.5%	36.8%
	56-64	Count	2	7	5	3	17
		% of Total	2.9%	10.3%	7.4%	4.4%	25.0%
Total		Count	10	27	23	8	68
		% of Total	14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**JK \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	Total
JK	Laki-laki	Count	10	21	17	7	55
		% of Total	14.7%	30.9%	25.0%	10.3%	80.9%
	Perempuan	Count	0	6	6	1	13
		% of Total	0.0%	8.8%	8.8%	1.5%	19.1%
Total		Count	10	27	23	8	68
		% of Total	14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**DurasiPajanan \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	
DurasiPajanan ≤ 8	Count		6	21	14	5	46
	% of Total		8.8%	30.9%	20.6%	7.4%	67.6%
> 8	Count		4	6	9	3	22
	% of Total		5.9%	8.8%	13.2%	4.4%	32.4%
Total	Count		10	27	23	8	68
	% of Total		14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**LamaPajanan \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	
LamaPajanan < 20	Count		7	15	14	5	41
	% of Total		10.3%	22.1%	20.6%	7.4%	60.3%
≥ 20	Count		3	12	9	3	27
	% of Total		4.4%	17.6%	13.2%	4.4%	39.7%
Total	Count		10	27	23	8	68
	% of Total		14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**JarakPajanan \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	
JarakPajanan <10	Count		10	25	21	7	63
	% of Total		14.7%	36.8%	30.9%	10.3%	92.6%
≥10	Count		0	2	2	1	5
	% of Total		0.0%	2.9%	2.9%	1.5%	7.4%
Total	Count		10	27	23	8	68
	% of Total		14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**Masker \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	
Masker	Tidak	Count	9	24	18	8	59
		% of Total	13.2%	35.3%	26.5%	11.8%	86.8%
	Ya	Count	1	3	5	0	9
		% of Total	1.5%	4.4%	7.4%	0.0%	13.2%
Total		Count	10	27	23	8	68
		% of Total	14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**KategoriMerokok \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total	
			Berat	Normal	Ringan	Sedang		
Kategori Merokok	Berat	Count	2	1	1	0	4	
		% of Total	2.9%	1.5%	1.5%	0.0%	5.9%	
	Bukan Perokok	Count	4	10	12	1	27	
		% of Total	5.9%	14.7%	17.6%	1.5%	39.7%	
	Ringan	Count	3	7	6	3	19	
		% of Total	4.4%	10.3%	8.8%	4.4%	27.9%	
	Sedang	Count	1	9	4	4	18	
		% of Total	1.5%	13.2%	5.9%	5.9%	26.5%	
	Total		Count	10	27	23	8	68
			% of Total	14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

**LetakAktivitas \* KeluhanPernafasan Crosstabulation**

			KeluhanPernafasan				Total
			Berat	Normal	Ringan	Sedang	
LetakAktivitas	Indoor	Count	0	6	3	1	10
		% of Total	0.0%	8.8%	4.4%	1.5%	14.7%
	Outdoor	Count	10	21	20	7	58
		% of Total	14.7%	30.9%	29.4%	10.3%	85.3%
Total		Count	10	27	23	8	68
		% of Total	14.7%	39.7%	33.8%	11.8%	100.0%

