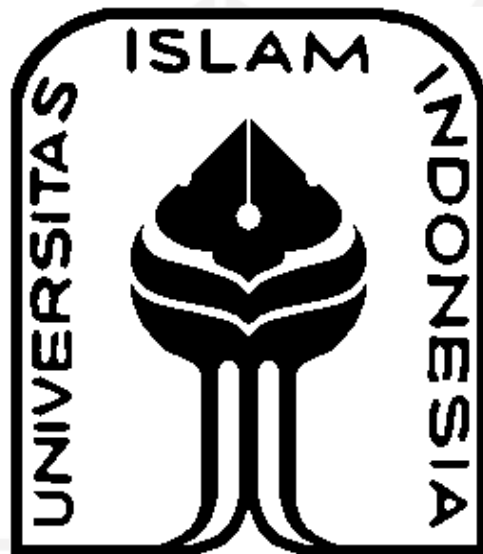


TA/TL/2021/1283

**TUGAS AKHIR**

**PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN PM<sub>10</sub>  
DAN RISIKO KESEHATAN TERHADAP  
MASYARAKAT DI KABUPATEN SLEMAN,  
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**BAGAS SATYA HADI**

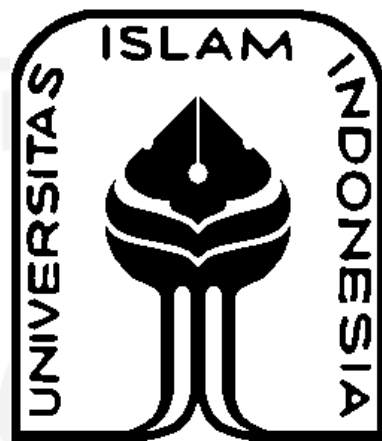
**16513130**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2021**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN**  
**PM<sub>10</sub> DAN RISIKO KESEHATAN TERHADAP**  
**MASYARAKAT DI KABUPATEN SLEMAN,**  
**DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**BAGAS SATYA HADI**

**16513130**

Disetujui,

Dosen Pembimbing 1

**Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.**  
**NIK.**

Tanggal: 08 April 2021

Dosen Pembimbing 2

**Elita Nurfitriyani Sulistyvo, S.T., M.Sc**  
**NIK.**

Tanggal: 09 April 2021

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



**Eko Siswono, S.T., M.Sc, ES., Ph.D.**

**NIK. 025100406**

Tanggal: 12 April 2021

## HALAMAN PENGESAHAN

# PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN PM<sub>10</sub> DAN RISIKO TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT DI KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 12 April 2021

Disusun Oleh:

**BAGAS SATYA HADI**

**16513130**

**Tim Penguji :**

**Penguji 1**

**Fina Binazir Maziya, S.T., M.T**

(  )

**Penguji 2**

**Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc**

(  )

**Penguji 3**

**Luqman Hakim S.T., M.Si.**

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Skripsi ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak tercantum karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, Mei 2020

Yang membuat pernyataan,

Materai dan  
tandatangan

**Bagas Satya Hadi**

NIM: 16513130

## ABSTRAK

Kabupaten Sleman terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dimana Sleman terdiri dari beberapa perguruan tinggi terkenal dan kepadatan penduduknya.  $PM_{10}$  mempunyai toksitas tinggi yang dapat memberikan efek terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor transportasi dan faktor meteorologi terhadap tingkat konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien dan menentukan hubungan antara  $PM_{10}$  dengan risiko kesehatan masyarakat. Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif dengan membandingkan nilai *intake* dari pedagang dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) yang aman dari pajanan  $PM_{10}$  untuk efek non karsinogenik. Hasil penelitian menunjukkan pada perhitungan *realtime* dari 45 orang yang berisiko non karsinogenik tidak menunjukkan  $RQ > 1$ . Sedangkan untuk efek non karsinogenik secara *lifetime* terdapat 13 orang dari 45 pedagang berisiko dengan rincian 7 orang di depan ruko Janti dan 6 orang di simpang empat Deggung. Dan konsentrasi  $PM_{10}$  pada 2 (dua) lokasi tersebut memiliki risiko, sehingga perlu dilakukan upaya preventif untuk pedagang seperti menggunakan masker dan meminimalisir jam kerja. Kemudian untuk dinas lingkungan hidup Kabupaten Sleman perlu melakukan penanaman pohon.

**Kata Kunci** : Kabupaten Sleman, Pedagang  $PM_{10}$ , Risiko Kesehatan,

## ABSTRACT

Sleman district located in Daerah Istimewa Yogyakarta Province, Sleman district have some renowned university and high population density. PM10 dust has a high toxin which influences the environment and human's health. This study aims to determine the factors that affect the level of PM10 concentration in ambient air and determine the relationship between PM10 and public health risk. This study use quantitative analysis by comparing intake value from traders and securities with the reference concentration value (RFC) that is safe from PM10 exposure for non-carcinogenic effects . The results showed that the real-time calculation of 45 people with non-carcinogenic risk did not show  $RQ > 1$ . As for the non-carcinogenic effects in a lifetime, there were 13 people at risk, with details of 7 people in front of the Janti shophouse and 6 people at the Denggung intersection. It can be concluded that out of 45 people, there are 13 people with non-carcinogenic effects in the lifetime. It can be concluded that out of 45 people, there are 13 people with non-carcinogenic effects in the lifetime. The concentration of PM10 in these 2 (two) locations has a high risks, so it is necessary to make preventive efforts for traders for an example using masks and minimizing working hours. Then for the environment office of Sleman Regency, it is necessary to plant trees.

**Keywords :** Health Risk, PM<sub>10</sub> , Sleman District, Trader



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN PM<sub>10</sub> DAN RISIKO KESEHATAN TERHADAP MASYARAKAT DI KABUPATEN SLEMAN”. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Eko Siswoyo, ST. M.Sc.ES., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII
2. Bapak Luqman Hakim, S.T., M.Si., selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-UII, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
3. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., dan Ibu Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc., sebagai Pembimbing Tugas Akhir.
4. Segenap Dosen Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-UII yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Orang tua, saudara-saudari kami, atas doa, bimbingan, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
6. Keluarga besar Universitas Islam Indonesia (UII), khususnya teman-teman seperjuangan kami di Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-UII, atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya.
7. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Lingkungan FTSP-UII yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.

Kami menyadari proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Amiin..

*Wassalamualaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, (20 Mei 2020)

(Bagas Satya Hadi)





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang Masalah</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Ruang Lingkup</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB II</b> .....	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Pencemaran Udara</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Sumber Pencemar</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Sifat Particulate Matter (PM <sub>10</sub> ) .....	<b>8</b>
2.1.2 Sumber Particulate Matter (PM <sub>10</sub> ) .....	<b>8</b>
2.1.3 Proses Pembentukan Particulate Matter (PM <sub>10</sub> ) .....	<b>9</b>
2.1.4 Pengukuran Kadar <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>10</sub> ) .....	<b>9</b>

<b>2.4</b>	<b>Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA)</b> .....	<b>10</b>
2.1.5	2.4.1 Pengertian.....	10
2.1.6	Klasifikasi ISPA .....	11
<b>2.5</b>	<b>Ketentuan Teknis Pemantauan Udara Ambien</b> .....	<b>11</b>
2.1.7	Klasifikasi Lokasi Pemantauan .....	12
2.1.8	Kriteria penempatan alat pemantau kualitas udara ambien .....	13
2.1.9	Pengambilan Sampel.....	13
<b>2.6</b>	<b>Analisis Risiko Lingkungan</b> .....	<b>15</b>
2.1.10	Identifikasi Bahaya ( <i>Hazard Identification</i> ) .....	15
2.1.11	Dosis-Respon ( <i>Dose-Response Assessment</i> ).....	16
2.1.12	Analisis Paparan ( <i>Exposure Assessment</i> ).....	17
2.1.13	Karakteristik Risiko ( <i>Risk Characterization</i> ).....	18
2.1.14	Manajemen Risiko ( <i>Risk Management</i> ).....	19
<b>2.7</b>	<b>Penelitian Terdahulu</b> .....	<b>21</b>
<b>BAB III</b> .....		<b>25</b>
<b>METODE PENELITIAN</b> .....		<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Diagram Alir Penelitian</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Jenis Penelitian dan Desain Penelitian</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Lokasi dan Waktu Penelitian</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Populasi dan Sampel</b> .....	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Metode Pengumpulan Data</b> .....	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Analisis Paparan <i>Particulate Matter</i> (<math>PM_{10}</math>)</b> .....	<b>30</b>
3.6.1	Analisis Univariat .....	30
3.6.2	Analisis Bivariat.....	30
3.6.3	Analisis Risiko .....	30
<b>3.7</b>	<b>Beban Emisi</b> .....	<b>33</b>
<b>BAB IV</b> .....		<b>35</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		<b>35</b>

<b>4.1</b>	<b>Gambaran Umum Penelitian .....</b>	<b>35</b>
4.1.1	Kependudukan.....	38
4.1.2	Transportasi.....	39
4.1.3	Beban Emisi Kendaraan Kabupaten Sleman .....	40
4.1.4	Meteorologi.....	44
<b>4.2</b>	<b>Konsentrasi PM<sub>10</sub> di Udara Ambien.....</b>	<b>44</b>
4.2.1	Konsentrasi PM <sub>10</sub> di Setiap Titik Pemantauan .....	46
<b>4.3</b>	<b>Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan Kondisi di Lapangan.....</b>	<b>51</b>
4.3.1	Analisa konsentrasi PM <sub>10</sub> terhadap transportasi .....	51
4.3.2	Analisa konsentrasi PM <sub>10</sub> terhadap meteorologi .....	52
<b>4.4</b>	<b>Perbandingan Konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan Baku Mutu Udara Ambien .....</b>	<b>58</b>
<b>4.5</b>	<b>Korelasi faktor meteorologi dengan konsentrasi PM<sub>10</sub> .....</b>	<b>61</b>
<b>4.6</b>	<b>Hasil Kuisisioner .....</b>	<b>63</b>
4.5.1	Waktu Paparan.....	63
4.5.2	Frekuensi Paparan.....	63
4.5.3	Durasi Paparan .....	63
4.5.4	Keluhan Penyakit .....	63
<b>4.7</b>	<b>Analisis Risiko PM<sub>10</sub> .....</b>	<b>64</b>
4.6.1	Konsentrasi Paparan.....	64
4.6.2	Analisis Dosis Respon .....	64
4.6.3	Analisis Paparan PM <sub>10</sub> .....	65
4.6.4	Estimasi Risiko Kesehatan Paparan PM <sub>10</sub> Pada Responden Menggunakan Data Rata-Rata Responden .....	71
4.6.5	Manajemen Risiko Non Karsinogen .....	73
4.6.6	Pembahasan .....	74
4.6.6	Komunikasi Risiko .....	78
4.6.7	Risiko kesehatan akibat paparan PM <sub>10</sub> .....	79
<b>BAB V</b>	<b>.....</b>	<b>81</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>.....</b>	<b>81</b>
5.1	Kesimpulan .....	81
5.2	Saran .....	82



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	25
Gambar 4. 1 Peta Administrasi Kabupaten Sleman.....	36
Gambar 4. 2 Peta Konsentrasi Pemantauan PM <sub>10</sub> Kabupaten Sleman 2018.....	45
Gambar 4. 3 Konsentrasi PM <sub>10</sub> .....	46
Gambar 4. 4 Perbandingan PM <sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan .....	51
Gambar 4. 5 Perbandingan PM <sub>10</sub> dengan suhu.....	53
Gambar 4. 6 Perbandingan PM <sub>10</sub> dengan curah hujan.....	54
Gambar 4. 7 Perbandingan PM <sub>10</sub> dengan kelembapan udara.....	56
Gambar 4. 8 Perbandingan PM <sub>10</sub> dengan kecepatan angin .....	57
Gambar 4. 9 Perbandingan PM <sub>10</sub> seluruh dengan baku mutu .....	59
Gambar 4. 10 Faktor Meteorologi .....	61



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Titik Penelitian .....	27
Tabel 3. 2 Keterangan Perhitungan Intake .....	32
Tabel 4. 1 Data Kependudukan Berdasarkan Kecamatan .....	39
Tabel 4. 2 Data Jumlah Kendaraan Kabupaten Sleman .....	39
Tabel 4. 3 Beban Emisi Kendaraan .....	43
Tabel 4. 4 Data Meteorologi Kabupaten Sleman .....	44
Tabel 4. 5 Keluhan Penyakit .....	63
Tabel 4. 6 Data Responden dan Analisis PM10 .....	69
Tabel 4. 7 Persentase nilai <i>Risk Quotient</i> (RQ) pajanan PM <sub>10</sub> di Kabupaten Sleman .....	71
Tabel 4. 8 Nilai Rata-rata Sampel.....	71
Tabel 4. 9 Estimasi Risiko Kesehatan PM10 .....	73



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kabupaten Sleman terletak di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kabupaten Sleman memiliki luas wilayah sebesar 57.482 Ha atau 574,82 km<sup>2</sup> atau sekitar 18% dari luas propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta 3.185,80 km<sup>2</sup> dengan jarak terjauh Utara-Selatan 32 Km, Timur – Barat 35 Km. Secara administratif terdiri dari 17 wilayah kecamatan, 86 desa, dan 1.212 dusun. Berdasarkan Badan Pusat Statistika milik Kabupaten Sleman, pada tahun 2016 jumlah penduduk yang berada di Kabupaten Sleman sebesar 1.167.481 jiwa. Kemudian pada tahun 2017 jumlah penduduk sebesar 1.180.479 jiwa. Dan pada tahun 2018 jumlah penduduk sebesar 1.046.622 jiwa. Untuk jumlah kendaraan menurut Badan Pusat Statistika pada tahun 2016 jumlah kendaraan sebanyak 929.739 unit. Kemudian pada tahun 2017 jumlah kendaraan sebanyak 54.459 unit. Dan pada tahun 2018 jumlah kendaraan sebanyak 54.069 unit. Untuk jumlah industri yang berada di Kabupaten Sleman pada tahun 2016 sebanyak 158 industri. Kemudian pada tahun 2017 jumlah industri sebanyak 163 industri. Dan pada tahun 2018 jumlah industri sebanyak 175 industri.

Berdasarkan data milik Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman yang telah dijelaskan bahwa data tersebut mempunyai korelasi dengan konsentrasi pencemaran udara yang berada di Kabupaten Sleman antara lain, konsentrasi PM<sub>10</sub>. Sedangkan PM<sub>10</sub> merupakan salah satu bahan pencemar udara yang digolongkan ke dalam kelompok pencemar primer (*primary pollutant*), yaitu bahan pencemar yang diemisikan langsung ke udara dari sumber cemaran, seperti kendaraan bermotor (Wijayanti, 2010). Ada tiga cara masuknya bahan polutan seperti PM<sub>10</sub> dari udara ke tubuh manusia yaitu melalui inhalasi, ingesti dan penetrasi kulit. Inhalasi bahan polutan udara ke paru-paru dapat menyebabkan gangguan pada paru-paru dan saluran nafas. Refleks batuk juga



akan mengeluarkan bahan polutan dari paru-paru yang kemudian bila tertelan akan masuk ke saluran pencernaan. Permukaan kulit juga dapat menjadi pintu masuk bahan polutan di udara khususnya bahan organik yang dapat melakukan penetrasi kulit dan dapat menimbulkan efek sistemik. Kerusakan kesehatan akibat PM<sub>10</sub> tergantung pada lamanya kontak, konsentrasi partikulat dalam udara, jenis partikulat itu sendiri dan lain-lain (Agusnar, 2008). Nilai angka baku mutu ambien konsentrasi PM<sub>10</sub> sesuai dengan PP No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara adalah  $150 \mu\text{m}/\text{m}^3$  untuk pengukuran selama 24 jam.

Dari hasil pemantauan yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY, konsentrasi PM<sub>10</sub> yang berada di beberapa titik pemantauan yang ada di Kabupaten Sleman mengalami peningkatan pada 3 tahun terakhir ini (2016-2018). Sebagai kota pelajar, Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya di Kabupaten Sleman mengalami peningkatan kepadatan lalu lintas karena banyak para pendatang yang datang untuk menimba ilmu di kota ini. Dengan kepadatan lalu lintas tersebut memicu meningkatnya emisi kendaraan bermotor ke lingkungan sehingga dilakukan penelitian terkait kualitas udara yang berfokus pada konsentrasi PM<sub>10</sub> ini. *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) memiliki dampak yang membahayakan untuk kesehatan yaitu mengganggu saluran pernapasan dan memberi dampak buruk kepada paru-paru manusia. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk meneliti faktor apa yang mempengaruhi konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) dan risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) yang berada di beberapa titik di Kabupaten Sleman.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dirumuskan pada penelitian ini adalah:

1. Hubungan antara faktor transportasi dan faktor meteorologi dengan tingkat konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien di wilayah Kabupaten Sleman?
2. Bagaimana hubungan antara kualitas udara ambien  $PM_{10}$  dengan risiko kesehatan masyarakat di wilayah lokasi penelitian tahun 2016-2018?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar *Particulate Matter* ( $PM_{10}$ ) yang berada pada beberapa titik di Kabupaten Sleman, sedangkan tujuan khususnya adalah:

1. Mengidentifikasi faktor transportasi dan meteorologi yang mempengaruhi tingkat konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien.
2. Menentukan hubungan antara kualitas udara ambien  $PM_{10}$  dengan risiko kesehatan masyarakat yang berada di lokasi penelitian.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Mahasiswa  
Meningkatkan keterampilan di lapangan, dan menambah pengetahuan tentang kualitas udara serta dampak kesehatan pada masyarakat (pedagang) di lokasi penelitian.
2. Pemerintah  
Memberikan informasi kualitas udara dan dampak kesehatan sebagai pembuat kebijakan untuk mempermudah pengelolaan di Kabupaten Sleman.
3. Pedagang dan satpam  
Memberikan informasi terkait akibat pajanan  $PM_{10}$  bagi pedagang terutama yang berada di lokasi penelitian.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sleman, dengan titik penelitian berada di depan ruko Janti, depan kantor stasiun TVRI, simpang empat Deggung, depan kampus UPN Veteran, perumahan fakultas teknik UGM, dan depan GKBI Medari.
2. Penelitian bertujuan untuk mengetahui risiko kesehatan bagi para pedagang dari paparan *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) yang berada pada titik penelitian.
3. Penelitian ini menggunakan data primer meliputi data profil pedagang seperti umur, lama berdagang atau bekerja dalam sehari, serta berapa lama mereka berdagang atau bekerja melalui kuisioner yang disebarakan pada pedagang pada tahun 2020.
4. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi DIY dan Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman.
5. Data *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Badan Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta pada rentan tahun 2016-2018.
6. Data pendukung meteorologi Kabupaten Sleman dengan data sekunder statistik Kabupaten Sleman.
7. Penelitian ini menggunakan Studi Analisis Risiko Lingkungan (ARKL).
8. Baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Daerah Istimewa Yogyakarta.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan. Dengan demikian akan terjadi gangguan pada kesehatan manusia. Terdapat dua jenis sumber pencemaran udara, yang pertama adalah pencemaran akibat sumber alamiah (*natural sources*) seperti letusan gunung berapi dan yang kedua berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*) seperti yang berasal dari transportasi, emisi pabrik, dan lain-lain. Pencemaran udara dapat terjadi dimana-mana, seperti di dalam rumah, sekolah, dan kantor. Pencemaran seperti ini sering disebut dengan pencemaran dalam ruangan (*indoor pollution*). Sedangkan pencemaran di luar ruangan (*outdoor pollution*) berasal dari emisi kendaraan bermotor, industri, perkapalan, dan proses alami makhluk hidup (Agus, 2007). Sedangkan menurut PP No. 1 Tahun 1999 Pencemaran udara itu sendiri adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

#### **2.2 Sumber Pencemar**

Industri dianggap sebagai sumber pencemar karena aktivitas industri merupakan kegiatan yang sangat tampak dalam pembahasan berbagai senyawa kimia ke lingkungan. Sebagian jenis gas dapat di kategorikan sebagai pencemar udara apabila konsentrasi gas tersebut melebihi tingkat konsentrasi normal dan dapat berasal dari sumber alami seperti gunung api, rawa-rawa, kebakaran hutan dan nitrifikasi biologi serta berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*) seperti

pengangkutan, transportasi, kegiatan rumah tangga, industri, pembangkitan daya menggunakan bahan bakar fosil, pembakaran sampah, pembakaran sisa pertanian, pembakaran hutan dan pembakaran bahan bakar (Hutagalung, 2008).

Sumber pencemar dikelompokkan ke dalam 3 kelompok besar yaitu:

1. Sumber pencemar udara menetap (*point sources*) seperti asap pabrik, instalasi pembangkit tenaga listrik, asap dapur, pembakaran sampah rumah tangga dan lain sebagainya.
2. Sumber pencemar udara yang tidak menetap (*non point sources*), seperti gas buang kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api dan kegiatan-kegiatan lain yang menghasilkan gas emisi dengan kondisi berpindah-pindah.
3. Sumber pencemar udara campuran (*compound are source*) yang berasal dari titik tetap dan titik tidak tetap seperti bandara, terminal, pelabuhan dan kawasan industry (Rahman, dkk, 2004).

Pengelompokkan ini sesuai dengan klasifikasi sumber pencemar udara yang ditetapkan oleh WHO tahun 2005, yaitu:

1. Sumber sebuah titik (*point source*) yang berasal dari sumber individual menetap dan dibatasi oleh luas wilayah kurang dari  $1 \times 1 \text{ km}^2$  termasuk didalamnya industri rumah tangga.
2. Garis (*line source*) adalah sumber pencemar udara yang berasal dari kendaraan bermotor dan kereta.
3. Area (*area source*) adalah sumber pencemar yang berasal dari sumber titik tetap maupun sumber garis.

### 2.3 Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)

PM<sub>10</sub> adalah partikulat padat dan cair yang melayang di udara dengan nilai media ukuran diameter aerodinamik 10 mikron. Partikulat 10 mikron mempunyai beberapa nama lain, yaitu PM<sub>10</sub> sebagai *inhalable particles*, *respirable particulate*, *respirable dust*, dan *inhalable dust*. PM<sub>10</sub> merupakan kelompok partikulat yang dapat di inhalasi, tetapi karena

ukurannya, PM<sub>10</sub> lebih spesifik merupakan partikulat yang *respirable* dan predictor kesehatan yang baik (Koren, 2003).

PM<sub>10</sub> merupakan predictor kesehatan yang baik karena empat alasan berikut:

1. PM<sub>10</sub> lebih efisien terhirup ke dalam saluran pernapasan daripada partikulat yang lebih besar. Besar atau kecilnya efisiensi diukur dari skala *inspirability*, yaitu skala yang menunjukkan fraksi (proporsi) konsentrasi partikulat ambien berukuran aerodinamik tertentu yang dapat terhirup dalam pernapasan biasa melalui hidung dan mulut. Dalam skala itu, angka *inspirability* PM<sub>10</sub> adalah 73,3 persen dari jumlah PM<sub>10</sub> udara ambien. Angka *inspirability* ini dinilai cukup menunjukkan tingginya efisiensi jumlah PM<sub>10</sub> yang masuk ke dalam saluran pernapasan jika dibandingkan dengan partikulat yang lebih besar. Besar efisiensi terhirupnya partikulat ke dalam saluran pernapasan amat penting untuk menentukan besarnya pemajanan partikulat dan efek kesehatan yang ditimbulkannya.
2. PM<sub>10</sub> lebih mungkin mengendap di daerah saluran pernapasan bawah dan daerah pertukaran gas dalam sistem saluran pernapasan, ini menimbulkan iritasi saluran pernapasan secara terus-menerus disertai bermacam-macam reaksi jaringan.
3. PM<sub>10</sub> dapat dijadikan wakil (*surrogate*) untuk zat-zat pencemar lain, turun dan naiknya kadar PM<sub>10</sub> berasosiasi dengan kadar zat-zat pencemar lain yang ketika itu berada di udara bersama-sama PM<sub>10</sub>. Dengan demikian, sebagai *predictor* kesehatan, PM<sub>10</sub> sudah lebih luas cakupannya, yaitu sampai dengan permasalahan kesehatan akibat pencemaran udara umumnya jika dibandingkan dengan zat-zat pencemar yang lain.

Sistem Pemantauan Lingkungan Global yang disponsori oleh PBB memperkirakan pada 1987 bahwa 70 persen penduduk kota di dunia hidup di kota-kota dengan partikel yang mengambang di udara melebihi ambang batas yang ditetapkan WHO. Sebagian benda partikulat keluar dari

cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah partikel-partikel halus yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur oksida dan oksida nitrogen, dan secara kimiawi berubah dan membentuk zat nitrat dan sulfat (Moore, C, 2007).

### **2.1.1 Sifat Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)**

Partikulat (PM<sub>10</sub>) ada yang berbentuk cair ataupun padat. Disamping itu ada pula yang berinti padat dan dikelilingi oleh cairan. Partikulat ini terdiri dari *ion organic*, senyawa logam, elemen karbon, senyawa organik dan senyawa lainnya. Beberapa partikulat tersebut bersifat higroskopis dan berisi partikulat yang terikat air. *Particulate organic* terutama yang berbentuk kompleks, berisi ratusan sampai ribuan senyawa organik. Partikel primer secara langsung diemisikan dari sumber, sedangkan partikulat sekunder terbentuk dari gas melalui reaksi kimia dalam atmosfer (US.EPA, 2004).

### **2.1.2 Sumber Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)**

Partikulat PM<sub>10</sub> secara alami berasal dari tanah, bakteri, virus, ragi, serbuk sari, dan evaporasi air laut. Sedangkan dari aktivitas manusia, partikulat ini dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri, dan tenaga listrik.

Sumber partikulat sesuai dengan ukuran diameter adalah sebagai berikut (US.EPA, 2004):

- a. Partikulat sangat halus/*ultrafine* (diameter  $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ), berasal dari hasil pembakaran transformasi  $\text{SO}_2$  dan campuran organik di atmosfer serta hasil proses kimia pada temperature tinggi.
- b. Partikulat mode akumulasi (diameter  $0,1 \mu\text{m}$  sampai  $3 \mu\text{m}$ ), berasal dari hasil pembakaran batubara, minyak, bensin, solar dan kayu bakar, hasil transformasi  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  dan campuran organik.

- c. Partikulat kasar/*coarse* ( $>3 \mu\text{m}$ ), berasal dari resuspensi partikulat industri, jejak tanah diatas jalan raya, suspense dari kegiatan yang mempengaruhi tanah (pertanian, pertambangan).

### 2.1.3 Proses Pembentukan Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)

Proses pembentukan PM<sub>10</sub> di udara terdiri dari beberapa fase, yaitu:

- a. Pengintian (*nukleasi*) partikulat yang berasal dari gas bertekanan uap rendah yang di emisikan.
- b. Kondensasi gas bertekanan uap rendah pada partikulat yang ada
- c. Koagulasi partikulat

### 2.1.4 Pengukuran Kadar Particulate Matter (PM<sub>10</sub>)

Pengukuran PM<sub>10</sub> dilakukan menggunakan alat *high volume air sample* (HVAS). HVAS adalah peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan kandungan partikel melalui filtrasi, sejumlah besar volum udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter dan alat control laju air.

Prinsip kerja dari HVAS yaitu dengan menggunakan metode gravimetri dimana menentukan konsentrasi debu yang ada di udara menggunakan pompa isap. Udara yang terhisap disaring dengan filter, sehingga debu tersebut menempel di filter. Berdasarkan jumlah udara yang telah terhisap dan berat debu yang menempel dapat diketahui konsentrasi debu yang ada di udara. Berdasarkan pengujian yang akan dilakukan filter serat kaca dipilih karena dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter  $0,1 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$  dengan efisiensi pengumpulan berkisar 99,95% untuk partikel  $0,3 \mu\text{m}$ .

Agar dapat diketahui konsentrasi PM<sub>10</sub> dilakukan beberapa tahap perhitungan yaitu menghitung koreksi laju air, konsentrasi partikulat, dan volume udara yang terhisap.



a. Koreksi laju air

$$QS = Q_0 \times \left( \frac{T_s \times P_0}{T_p \times P_s} \right)^{1/2}$$

QS = laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar

Q<sub>0</sub> = laju alir volume sampling

T<sub>s</sub> = Temperatur standar

T<sub>0</sub> = Temperatur terukur di lapangan (273 + temperature sampling)

P<sub>s</sub> = Tekanan barometric standar (1031 mb)

P<sub>0</sub> = Tekanan barometric terukur di lapangan

b. Volume udara yang terhisap

$$V = \left( \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \right) \times t$$

V = volume udara yang terhisap (m<sup>3</sup>)

Q<sub>s1</sub> = laju alir udara awal (m<sup>3</sup>/menit)

Q<sub>s2</sub> = laju alir udara akhir (m<sup>3</sup>/menit)

T = waktu sampling (menit)

c. Konsentrasi partikulat

$$C = \frac{[(W_2 - W_1) \times 10^6]}{v}$$

C = konsentrasi partikulat (µg/N.m<sub>3</sub>)

W<sub>2</sub> = berat filter awal (gr)

W<sub>1</sub> = berat filter (gr)

10<sup>6</sup> = konversi gram ke µg

## 2.4 Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA)

### 2.1.5 2.4.1 Pengertian

Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) adalah radang akut saluran pernapasan atas maupun bawah yang disebabkan oleh infeksi jasad renik atau bakteri, virus maupun riketsia, tanpa atau disertai radang parenkim paru (Alsagaff, 2005).

Infeksi saluran pernapasan atas (URIs) adalah penyakit infeksi pada umumnya ditemui. Jenis infeksi ini adalah rhinitis, sinusitis, infeksi telinga,

faringitis akut, epiglottitis, dan laryngitis. Mayoritas penyebabnya adalah virus (Simos et.al, 2006).

Infeksi saluran pernapasan bawah (LRIs) umumnya berupa pneumonia dan bronkiolitis. Hal tersebut dapat diketahui dari gejala anak yang batuk dan penarikan napas yang berat dan dalam (Simoes et.al, 2006)

### **2.1.6 Klasifikasi ISPA**

Klasifikasi penyakit ISPA terdiri dari:

a. Bukan pneumonia

Mencakup kelompok pasien balita dengan batuk yang tidak menunjukkan gejala peningkatan frekuensi napas dan tidak menunjukkan adanya tarikan dinding dada bagian bawah ke arah dalam.

b. Pneumonia

Didasarkan pada adanya batuk dan susah bernapas. Batas frekuensi napas cepat pada anak berusia dua bulan sampai <1 tahun adalah 50 kali per menit dan untuk anak usia 1 sampai <5 tahun adalah 40 kali per menit.

c. Pneumonia berat

Didasarkan pada adanya batuk dan susah bernapas disertai sesak napas atau tarikan dinding dada bagian bawah ke arah dalam (*chest indrawing*) pada anak berusia dua bulan sampai <5 tahun.

Untuk anak berusia <2 bulan, diagnosis pneumonia berat ditandai adanya napas cepat yaitu frekuensi pernapasan sebanyak 60 kali per menit, atau adanya tarikan yang kuat pada dinding dada bagian bawah ke arah dalam (*severe chest indrawing*).

## **2.5 Ketentuan Teknis Pemantauan Udara Ambien**

Ketentuan dari teknis pemantauan kualitas udara ambien dapat dilihat dari Lampiran VI Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 12 Tahun 2010. Adapun lokasi pemantauan kualitas udara sebagai berikut

### 2.1.7 Klasifikasi Lokasi Pemantauan

Terdapat prinsip umum penempatan stasiun pemantau kualitas udara yaitu daerah dimana terdapat reseptor yang akan terkena dampak dan pada daerah dimana diperkirakan terdapat sumber dan konsentrasi pencemar yang tinggi. Jenis lokasi pemantauan diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Pusat kota mempresentasikan pajanan tipikal terhadap populasi akibat kegiatan di pusat kota (contoh : daerah perbelanjaan, perdagangan dan jasa serta daerah public).
- b. Latar kota (urban background) suatu lokasi di daerah perkotaan yang terletak cukup jauh dari sumber pencemar sehingga tidak terkena pengaruh langsung dan dapat secara umum mempresentasikan kondisi latar kualitas udara perkotaan (contoh : daerah pemukiman)
- c. *Sub urban*, misalnya lokasi yang berada pada daerah pemukiman yang terletak di pinggir kota.
- d. Tepi jalan (*roadside*), lokasi pengukuran pada jarak 1-5 meter dari pinggir jalan raya.
- e. Sisi jalan (*kerbside*), lokasi pengukuran pada jarak 1 meter dari jalan raya.
- f. Industri, lokasi dimana kegiatan industri menjadi sumber yang dominan terhadap total beban polutan.
- g. Pedesaan (*rural*), lokasi pemantauan di wilayah pedesaan dengan kepadatan penduduk yang rendah dan berjarak sejauh mungkin dari lokasi sumber pencemar seperti jalan, industri dan daerah padat penduduk.
- h. Lainnya, pemantauan yang mengarah kepada sumber pencemar tertentu seperti rumah sakit dan TPA.

### **2.1.8 Kriteria penempatan alat pemantau kualitas udara ambien**

Secara umum kriteria penempatan alat pemantau kualitas udara ambien sebagai berikut:

- a. Area dengan konsentrasi pencemar tinggi. Daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah-daerah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi.
- b. Area dengan kepadatan penduduk tinggi. Daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadi pencemaran yang berat.
- c. Di daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukan untuk Kawasan studi maka stasiun pengambilan contoh uji perlu ditempatkan di sekeliling daerah/kawasan.
- d. Pada daerah proyeksi. Untuk menentukan efek akibat perkembangan mendatang di lingkungannya, stasiun perlu juga ditempatkan di daerah-daerah yang diproyeksikan.
- e. Mewakili seluruh wilayah studi harus diperoleh agar kualitas udara di seluruh wilayah dapat dipantau (dievaluasi).
- f. Udara terbuka dengan sudut terbuka  $120^\circ$  terhadap penghalang, antara lain : bangunan dan pohon tinggi.
- g. Ketinggian sampling *inlet* dari permukaan tanah untuk partikel dan gas minimal 2 m.
- h. Jarak minimal alat pemantau kualitas udara dari sumber emisi terdekat adalah 20 m.
- i. Untuk industri, penetapan lokasi sampling mengacu pada Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 205 Tahun 1996 tentang Pedoman Teknik Pengendalian Pencemaran Udara dari sumber tidak bergerak.

### **2.1.9 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan secara tidak langsung. Sampel dari penelitian ini dilakukan oleh DLH DIY. Pengukuran kadar konsentrasi

PM<sub>10</sub> di udara menggunakan alat *high volume air sample* (HVAS). HVAS adalah peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan kandungan partikel melalui filtrasi, sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter dan alat control laju air.

Prinsip kerja dari HVAS yaitu dengan menggunakan metode gravimetri dimana menentukan konsentrasi debu yang ada di udara menggunakan pompa isap. Udara yang terhisap disaring dengan filter, sehingga debu tersebut menempel di filter. Berdasarkan jumlah udara yang telah terhisap dan berat debu yang menempel dapat diketahui konsentrasi debu yang ada di udara. Berdasarkan pengujian yang akan dilakukan filter serat kaca dipilih karena dapat mengumpulkan partikel dengan kisaran diameter 0,1 µm – 100 µm dengan efisiensi pengumpulan berkisar 99,95% untuk partikel 0,3 µm. Penempatan alat mengacu pada SNI 19.7119.9-2005 pengambilan contoh uji dilakukan sekurang-kurangnya 5 meter dipinggir jalan raya

1. Peralatan yang digunakan

Agar sampling dilakukan dengan lancar, adapun peralatan yang digunakan sebagai berikut

- a. Barometer yang mampu untuk mengukur hingga 0,1 kPa
  - b. Pencatat laju alir yang mampu membaca hingga 24 jam
  - c. Pencatat laju alir yang mampu membaca dengan ketelitian 0,03 m<sup>3</sup>/menit
  - d. Thermometer
  - e. Desikator untuk menurunkan kadar air
  - f. Satu set HVAS
  - g. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
2. Tahapan pengambilan contoh uji  
Berikut cara mengambil contoh uji sebagai berikut
    - a. Tempatkan filter pada holder

- b. Tempatkan alat di posisi lokasi pengukuran sesuai dengan metode penentuan lokasi titik ambien
- c. Nyalakan alat uji serta catat tanggal, baca indicator dan catat laju alir ( $Q_1$ ) awal untuk diteruskan pembaca hasil kalibrasi. Catat temperature dan tekanan barometrik
- d. Mencatat semua pembacaan lajur alir ( $Q_2$ ), dan temperatur pada akhir pengukuran
- e. Memindahkan dan menyimpan filter secara hati-hati dengan cara melipat dan ditempatkan di dalam aluminium foil

## 2.6 Analisis Risiko Lingkungan

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 876 Tahun 2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL), Analisis Risiko Lingkungan (ARKL) diartikan sebagai pendekatan untuk mengetahui potensi dari bahaya risiko. Pada pengaplikasiannya, ARKL digunakan untuk mengetahui besarnya risiko dengan titik tolak dari kegiatan pembangunan yang telah berjalan, risiko saat ini dan memprakirakan besarnya risiko di masa yang akan datang. Ilmu yang digunakan dalam analisis risiko seperti *science*, *engineering*, *probability*, dan *statistic* untuk mengetahui dan mengevaluasi seberapa besar dan seberapa mungkin risiko tersebut berdampak pada kesehatan dan lingkungan (Louvar, 1998). ARKL terdiri dari empat langkah dasar, yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pemajanan, dan karakterisasi risiko.

### 2.1.10 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Bahaya (*hazard*) merupakan suatu benda (material) atau keadaan yang dapat menimbulkan kerusakan dan kerugian. Bahaya lingkungan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu bahaya fisik, kimia, biologi. Pada analisis risiko bahaya diartikan sebagai bahan toksik atau kondisi yang berpotensi berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Louvar, 1998).

Dari identifikasi tersebut akan diperoleh karakteristik suatu bahaya. Penilaian tersebut dilakukan untuk menilai efek dari suatu bahan dan dampaknya terhadap manusia dan lingkungan. Tahapan tersebut harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial (Dirjen PP&PL, 2012).

#### **2.1.11 Dosis-Respon (Dose-Response Assessment)**

Analisis dosis-respon dilakukan dengan mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF agen risiko. Dosis/konsentrasi referensi (RfC/RfD) merupakan dosis/konsentrasi dari pajanan harian agen risiko non karsinogenik yang diestimasi tidak menimbulkan efek yang mengganggu walaupun pajanannya terjadi seumur hidup (Dirjen PP&PL, 2012).

Langkah analisis dosis respon ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk kedalam tubuh manusia.
2. Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.
3. Mengetahui dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) dari agen risiko tersebut.

Untuk mengetahui RfC, RfD, dan SF suatu agen risiko dapat dilihat pada *Integrated Information System* (IRIS). Jika tidak ada, maka nilai dapat diturunkan dari dosis eksperimental yang lain seperti NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adversed Effect Level*), maupun NAAQS (*National Ambient Air Quality Standart*) (Dirjen PP&PL, 2012).

### 2.1.12 Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Analisis paparan dilakukan dengan mengukur atau menghitung intake/asupan dari agen risiko. *Intake* atau asupan merupakan jumlah asupan *risk agent* yang diterima rata-rata sampel per berat badan rata-rata sampel per hari (Dirjen PP&PL, 2012). Untuk mengetahui *intake* digunakan persamaan atau rumus. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer yaitu hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri, maupun data sekunder yaitu pengukuran konsentrasi agen risiko yang dilakukan oleh pihak lain/badan/institusi yang terpercaya. Perhitungan *intake* membutuhkan nilai-nilai *default* beberapa variabel faktor paparan (Djafri, 2014). Berikut rumus perhitungan yang digunakan:

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_E}{W_b \times t_{avg}}$$

(persamaan 2.6.3)

Keterangan :

$I$  = Asupan (*intake*), mg/kg/hari

$C$  = Konsentrasi *risk agent*, mg/M<sup>3</sup> untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan.

$R$  = Laju asupan atau konsumsi, M<sup>3</sup>/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan

$t_E$  = Waktu paparan

$f_E$  = Frekuensi paparan

$D_t$  = Durasi paparan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai default residensial)

$W_b$  = Berat badan



$t_{agv}$  = Periode waktu rata-rata ( $Dt \times 365$  hari/tahun untuk zat nonkarsinogen,  $70 \text{ tahun} \times 365$  hari/tahun untuk zat karsinogen)

### 2.1.13 Karakteristik Risiko (Risk Characterization)

Karakteristik risiko dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko atau menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (dengan karakteristik seperti berat badan, laju inhalasi/konsumsi, waktu, frekuensi, durasi pajanan) atau tidak. Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/membagi *intake* dengan dosis/konsentrasi agen risiko tersebut. Tingkat risiko dikatakan “aman” jika  $intake \leq RfD$  atau  $RfC$  nya atau dinyatakan dengan  $RQ \leq 1$ . Sedangkan, tingkat risiko dikatakan “tidak aman” jika  $intake > RfD$  atau  $RfC$  nya atau dinyatakan dengan  $RQ > 1$  (Dirjen PP&PL, 2012).

Sedangkan untuk karakteristik risiko kesehatan karsinogenik dinyatakan dalam notasi ECR (*Excess Cancer Risk*). Untuk melakukan karakteristik risiko efek karsinogenik dilakukan perhitungan dengan mengkali *intake* dengan slope *Slope Factor*. Rumus untuk menentukan ECR sesuai dengan persamaan berikut:

$$ECR = intake \times SF$$

Tingkat risiko dinyatakan dalam bilangan eksponen tanpa satuan. Tingkat risiko efek kesehatan karsinogenik dikatakan *acceptable* atau aman bilamana  $ECR \leq 1E-4$  atau dinyatakan dengan  $ECR \leq 1/10.000$ .

#### 2.1.14 Manajemen Risiko (*Risk Management*)

Manajemen risiko merupakan langkah tindak lanjut yang harus dilakukan apabila karakteristik risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ( $RQ > 1$ ) ataupun *unacceptable*. Dalam melakukan manajemen risiko perlu dibedakan antara strategi pengelolaan risiko dengan cara pengelolaan risiko. Berdasarkan nilai tingkat risiko yang telah didapatkan, manajemen risiko merupakan pilihan yang dilakukan untuk memperkecil dampak pajanan dari suatu polutan melalui strategi pengelolaan risiko meliputi penentuan batas aman yaitu konsentrasi agen risiko (C), jumlah konsumsi/laju inhalasi (R), waktu pajanan (tE), frekuensi pajanan (fE), dan durasi pajanan (Dt). Manajemen risiko dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$C_{\text{aman}} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

$$fE_{\text{aman}} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times Dt}$$

$$tE_{\text{aman}} = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE \times Dt}$$

$$Dt = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE}$$

Hal ini dilakukan agar nilai asupan (*intake*) lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Adapun cara pengelolaan risiko adalah cara atau metode yang akan digunakan untuk mencapai batas aman tersebut. Cara pengelolaan risiko meliputi beberapa pendekatan yaitu

pendekatan teknologi, pendekatan sosial ekonomis, dan pendekatan institusional (Rahman, 2007).

Komunikasi risiko yang dilakukan untuk menyampaikan informasi risiko kepada masyarakat (populasi yang berisiko), pemerintah, dan pihak yang berkepentingan lainnya. Komunikasi risiko merupakan tindak lanjut dari pelaksanaan ARKL dan merupakan tanggung jawab dari pemrakasa atau pihak yang menyebabkan terjadinya risiko. Komunikasi risiko dapat dilakukan dengan teknik atau metode ceramah ataupun diskusi interaktif dengan menggunakan media komunikasi yang ada seperti media massa, televisi, radio ataupun dalam format pemetaan dengan menggunakan *geographical information system* (GIS) (Dirjen PP&PL, 2012).

## 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Model Hubungan Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ (PM10) Di Udara Ambien dengan Karakteristik Lalu Lintas Di Jaringan Jalan Primer Kota Padang  Hendra Gunawan, Yenni Ruslinda, Vera Sutria Bachtiar, Annisa Dwinta, 2018	Membuat model hubungan konsentrasi PM10 di udara ambien dengan karakteristik lalu lintas di jaringan jalan primer Kota Padang	Metode yang digunakan adalah gravimetri	Konsentrasi PM10 rata-rata tertinggi berturut-turut berada di Jl. Sudirman sebagai jalan arteri primer 131,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Jl. M. Yunus sebagai jalan lokal primer 103,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Jl. Imam Bonjol yang mewakili jalan kolektor primer 100,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
2	Karakteristik Paparan Terespirasi Kimia Parikulat	Mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung dalam partikulat terespirasi	Metode analisis aktivasi neutron, serapan atom dan reflektansi	Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam partikulat terespirasi di seluruh lokasi adalah unsur Br, Mn, Al, I, V, Cl, Ti, Na, Hg, Pb, dan black carbon (BC)

	Noneng Dewi Zannaria, Dwina Roosmini, Muhayatun Santoso, 2009			
3	Characteristics And Sources of Fine Particulate Matter In Urban Air  Marko Vallius, 2005	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik dan sumber pencemaran udara dari partikel di perkotaan	Metode yang digunakan adalah perbandingan Statistik multivariate dan deterministik	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil dari materi partikel yang disuspensi ulang dapat dihasilkan secara besar dari aktivitas antropogenik
5	Sebaran Partikulat (PM10) Pada Musim Kemarau Di Kabupaten Tangerang Dan Sekitarnya  Khariza Dwi Sepriani, 2015	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah sebaran pencemar PM10 di wilayah Kabupaten Tangerang dan sekitarnya berdasarkan arah angin pada musim kemarau	Metode dalam penelitian ini menggunakan model Chimere yang dapat menghasilkan prakiraan pencemar udara harian, termasuk aerosol dan polutan lain	Hasil analisis menunjukkan konsentrasi PM10 tinggi di daerah sekitar Kotamadya Tangerang. Banyaknya industri dan padatnya kendaraan bermotor serta angin dominan yang menuju timur pada musim kemarau menyebabkan konsentrasi PM10 di Kota Tangerang Selatan hingga Kota Tangerang lebih tinggi daripada di sekitarnya, yakni mencapai 26-28 $\mu\text{g m}^{-3}$ . Nilai korelasi antara kecepatan angin dan konsentrasi partikulat sebesar -0.46 menunjukkan kecepatan angin cukup mempengaruhi tingkat konsentrasi PM10.

---

<p>6 Analisis Risiko Kesehatan Pajanan PM10 Pada Pekerja Industri Readymix PT. X Plant Kebon Nanas Jakarta Timur</p> <p>Isnatansu Nurul Azni, Bambang Wispriyono, Meliana Sari, 2015</p>	<p>Mengetahui analisa risiko kesehatan lingkungan yang berdasarkan pajanan PM10</p>	<p>Metode yang digunakan adalah metode studi analisa risiko kesehatan lingkungan</p>	<p>Konsentrasi PM10 di seluruh area Plant Kebon Nanas telah melebihi standar NAAQS US.EPA sebesar 150µg/m3. Tingkat risiko rata-rata menunjukkan hasil RQ&lt;1 yang mana risiko masih rendah dan belum berbahaya. Namun, pada perhitungan tingkat risiko per individu terdapat 15 pekerja yang masuk dalam kategori berisiko (RQ&gt;1) dan perlu dilakukan pengendalian risiko</p>
--	---	--	--

---

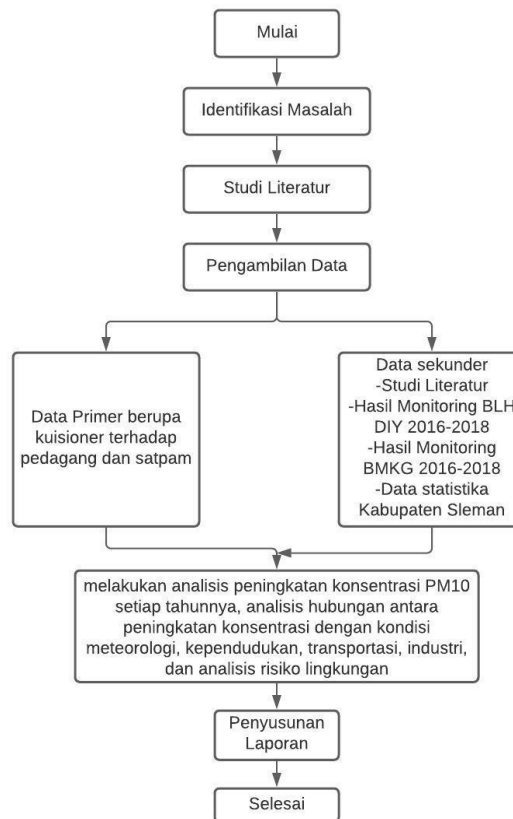


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti pada gambar berikut



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Jenis Penelitian dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan adalah korelasi dan deskriptif yang menggunakan metode analisa kuantitatif. Pada penelitian ini keseluruhan menggunakan data sekunder yang meliputi data konsentrasi PM<sub>10</sub> di Kabupaten Sleman dari BLH DIY, data meteorologi dari BMKG, serta data statistik kependudukan dalam kurun waktu 3 tahun terakhir (2016-2018).



Penelitian ini menggunakan metode univariat, bivariat, dan analisis risiko. Berikut langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini: langkah pertama menggunakan analisis univariat dengan melakukan analisis data sekunder yang sudah dikumpulkan dari tahun 2016-2018, kemudian langkah kedua dengan menggunakan analisis bivariat yaitu untuk melakukan korelasi antara dua data sekunder konsentrasi  $PM_{10}$ , langkah yang ketiga dengan menggunakan analisis risiko yaitu menganalisis risiko yang terdiri dari identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis-respon dan karakteristik risiko.

### **3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober-Desember 2020. Kondisi pada saat penelitian dilakukan di situasi saat sedang terjadi wabah COVID-19. Berdasarkan hal tersebut, maka pada saat dilakukan survey lapangan diwajibkan menggunakan masker untuk meminimalisir risiko penularan dari COVID-19. Lokasi penelitian berlokasi di beberapa daerah yang ada di Kabupaten Sleman. Lokasi tersebut juga berdasarkan dari data pemantauan udara ambien yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY dan konsentrasi pajanan  $PM_{10}$  di 6 (enam) lokasi tersebut tergolong tinggi di Kabupaten Sleman. Oleh karena itu, tidak semua wilayah bisa diliputi. Pemilihan 6 (enam) lokasi sudah mewakili Kabupaten Sleman, karena pada 6 (enam) lokasi tersebut merupakan kawasan yang memiliki kepadatan yang cukup tinggi baik penduduk, volume kendaraan, dan merupakan kawasan yang memiliki mobilitas yang tinggi. Berikut beberapa lokasi yang ada di Kabupaten Sleman yang menjadi wilayah penelitian, yaitu:

Tabel 3. 1 Titik Penelitian

No	Titik Pemantauan	Kode	Koordinat
1	Depan Ruko Janti	DRJ	7°46'59.6"S 110°24'35.6"E
2	Depan Kantor Stasiun TVRI	DKST	7°45'54.8"S 110°21'42.2"E
3	Simpang Empat Deggung	SED	7°43'18.3"S 110°21'40.6"E
4	Depan Kampus UPN Veteran	DKUV	7°45'49.8"S 110°24'41.3"E
5	Perumahan Fakultas Teknik UGM	PFTU	7°45'57.8"S 110°24'38.1"E
6	Depan GKBI Medari	GKBI	7°40'50.2"S 110°20'19.2"E

Berdasarkan tabel 3.1 lokasi titik penelitian diberikan kode dan koordinat untuk mempermudah penelitian. Titik koordinat didapatkan dari situs *Google Earth* dengan radius ketelitian hingga 10 meter. Lokasi penelitian dibagi 6 (enam) titik yaitu, Depan Ruko Janti, Depan Kantor Stasiun TVRI, Simpang Empat Deggung, Depan Kampus UPN Veteran, Perumahan Fakultas Teknik UGM, dan Depan GKBI Medari. Untuk analisis risiko di fokuskan kepada pedagang yang ada pada lokasi penelitian tersebut.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian ini terdiri dari pedagang yang berada pada lokasi penelitian. Pemilihan responden berdasarkan dari survey lapangan dimana responden yang dipilih adalah responden yang terpapar langsung oleh sumber dari pajanan  $PM_{10}$ . Hal tersebut berdasarkan dari identifikasi lapangan yaitu pedagang yang berjualan secara terbuka atau *outdoor* dan jarak dari sumber pajanan  $PM_{10}$  ke pedagang dekat. Hal tersebut dikarenakan penelitian ini menggunakan uji roadside. Pemilihan lokasi berdasarkan dari kepadatan kawasan tersebut dan kepadatan lalu lintas di kawasan tersebut. Untuk lokasi depan ruko Janti populasi diambil dengan radius sejauh 100 m dari titik lokasi, hal tersebut dikarenakan volume kendaraan dengan kepadatan lalu lintas dan pedagang yang

berjualan secara *outdoor* hanya sejauh 100 m. Kemudian untuk lokasi depan kantor stasiun TVRI populasi diambil dengan radius 200 m, hal tersebut dikarenakan kepadatan pedagang yang berjualan secara *outdoor* dan secara *roadside* sejauh 200 m, selain itu pada waktu tertentu volume kendaraan di radius tersebut mengalami kepadatan sehingga pedagang langsung terpapar oleh pajanan PM<sub>10</sub>. Untuk lokasi simpang empat Deggung populasi diambil dengan radius 100 m kearah lapangan Deggung dan 40 m dari lampu merah Deggung kearah Selatan. Hal tersebut karena volume kendaraan di radius tersebut tergolong padat dan banyak pedagang berjualan yang berjualan secara *outdoor* dan *roadside*, sehingga pedagang di lokasi tersebut terpapar langsung oleh pajanan PM<sub>10</sub> akibat emisi kendaraan bermotor. Untuk lokasi depan kampus UPN Veteran populasi diambil dengan radius 180 m. Hal tersebut karena pada radius tersebut pedagang berjualan di bagian *roadside* dan hanya berjarak 2 m dari jalan, sehingga paparan dari pajanan PM<sub>10</sub> akibat emisi kendaraan bermotor terpapar langsung ke pedagang yang berjualan di radius tersebut. Untuk lokasi perumahan fakultas teknik UGM populasi diambil dengan radius 110 m dari titik lokasi kearah selatan. Hal tersebut karena pada radius tersebut banyak pedagang yang berjualan secara *outdoor* dan berjualan secara *roadside*, sehingga pedagang pada radius tersebut terpapar langsung oleh pajanan PM<sub>10</sub> akibat emisi dari kendaraan bermotor yang melewati lokasi tersebut. Untuk lokasi depan GKBI Medari populasi diambil dari radius 140 m kearah selatan. Hal itu dikarenakan pada radius tersebut banyak masyarakat yang berjualan secara *roadside* dan hanya berjarak 1 m dari jalan. Daerah tersebut merupakan daerah lintas Provinsi sehingga banyak kendaraan berupa mobil, truck, motor yang melewati radius lokasi tersebut. Sehingga pedagang yang berjualan disana terpapar langsung oleh pajanan PM<sub>10</sub> akibat dari emisi kendaraan yang lewat pada lokasi tersebut. Jumlah

populasi dari penelitian ini untuk seluruh lokasi berjumlah 45 orang. Sampel yang diambil menggunakan rumus perhitungan *slovin*. Jumlah tersebut didapat berdasarkan dari survey lapangan yang telah dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi eksisting lapangan dan sumber pajanan beserta subjek yang terpapar oleh pajanan PM<sub>10</sub>. Para pedagang diberikan kuisisioner untuk kelengkapan dari data primer. Selain itu juga data sekunder menggunakan hasil konsentrasi PM<sub>10</sub> Kabupaten Sleman yang didapatkan dari hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berikut merupakan contoh perhitungan *slovin* untuk lokasi perumahan fakultas teknik UGM:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

$$n = \frac{6}{1 + 6x(0,05)^2} = 5,9 = 6$$

Keterangan:

- n : Jumlah sampel
- N : Besar/ jumlah populasi
- e : Batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan studi literatur. Sehingga pengumpulan data tidak dilakukan secara langsung di lapangan. Adapun data sekunder yang diambil antara lain kondisi meteorologi Kabupaten Sleman yang berasal dari BMKG stasiun kelas 1 Sleman tahun 2016-2018, data statistik kependudukan, kendaraan Kabupaten Sleman tahun 2016-2018, dan data konsentrasi PM<sub>10</sub> dari hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup DIY. Sedangkan untuk analisis risiko PM<sub>10</sub> dengan studi literatur menggunakan asumsi yang paling dekat dengan lapangan berdasarkan US-EPA. Kemudian untuk data

jumlah kendaraan dalam beban emisi dilakukan perhitungan *realtime* melalui *CCTV* milik Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta dan survey lapangan. Perhitungan *realtime* jumlah kendaraan dilakukan pada jam 08.00 – 09.00, 12.00 – 13.00, dan 17.00 – 18.00. Perhitungan dilakukan masing – masing selama 1 jam. Kemudian untuk responden dilakukan wawancara secara langsung pada setiap masing – masing lokasi.

### **3.6 Analisis Paparan *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>)**

#### **3.6.1 Analisis Univariat**

Pada analisis univariat ini, data diperoleh dari hasil pemantauan PM<sub>10</sub> di udara ambien dengan metode pasif. Data yang akan digunakan hanya satu tahap. Pengolahan data dilakukan menggunakan program komputer sesuai dengan standar. Kemudian analisis dan data disajikan dalam bentuk tabel, selanjutnya dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan diinterpretasikan dalam bentuk uraian.

#### **3.6.2 Analisis Bivariat**

Analisis ini digunakan untuk menentukan perbedaan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> yang dihasilkan oleh area dari sumber pencemar. Area tersebut terdiri dari area industry, pemukiman, pemukiman komersial, dan transportasi. Kemudian dilakukan uji normalitas terhadap data untuk mengetahui kenormalan data.

#### **3.6.3 Analisis Risiko**

Penelitian ini dilakukan dengan studi analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang digunakan untuk memperkirakan risiko yang diakibatkan oleh pajanan PM<sub>10</sub> di lingkungan tersebut.

Karakteristik risiko dinyatakan dengan tingkat risiko (Risk Quotient) merupakan pembagian antara asupan inhalasi (I) dan

*reference concentration* (RfC). Selain itu untuk menentukan asupan inhalasi dibutuhkan juga parameter antropometri (berat badan dan laju inhalasi), pola aktivitas (waktu, frekuensi dan durasi pemajanan) dan sebagainya. Tingkat risiko dihitung dengan persamaan 1 dan asupan inhalasi (I) dihitung dengan menggunakan persamaan 2 (Louvar,1998).

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

I = Asupan (*intake*), mg/kg/hari

C = Konsentrasi *risk agent*, mg/M3 untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan.

R = Laju asupan atau konsumsi, M3/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan

t<sub>E</sub> = Waktu pajanan

f<sub>E</sub> = Frekuensi pajanan

D<sub>t</sub> = Durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai default residensial)

W<sub>b</sub> = Berat badan

t<sub>avg</sub> = Periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Kesimpulan: R>1= berisiko terhadap kesehatan; R<1 = tidak berisiko terhadap kesehatan

Karakteristik Risiko Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai Risk Quotient (RQ, tingkat risiko) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik . RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik (Ink) risk agent dengan RfD atau RfC-nya (ATSDR 2005)

$$RQ = \frac{Ink}{Rfd \text{ atau } RfC} \quad (3.2)$$

$$Rfd/RfC = \frac{C \times R \times f \times Dt}{Wb \times Tavg}$$

Untuk Ink maupun RfD atau RfC harus spesifik untuk bentuk spesi kimia risk agent dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika  $RQ > 1$ . Jika  $RQ \leq 1$ , risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1 (Rahman 2007).

PM<sub>10</sub> menimbulkan risiko kesehatan terhadap populasi berisiko di beberapa titik yang berada di Kabupaten Sleman dalam hal ini yaitu pedagang tetap dan satpam di area titik lokasi penelitian. Besarnya risiko dipengaruhi oleh berat badan (Wb), laju inhalasi (R), lama pajanan (tE), frekuensi pajanan (fE), dan durasi pajanan (Dt). Kelima individu tersebut berpengaruh terhadap konsentrasi *Particulate Matter* (PM<sub>10</sub>) yang akan diterima oleh pedagang. Pada konsentrasi tertentu yang melebihi baku mutu, pajanan PM<sub>10</sub> dapat meningkatkan risiko terjadinya gangguan pernapasan.

Tabel 3. 2 Keterangan Perhitungan Intake

No	Simbol	Keterangan	Nilai	Jenis Data	Sumber
1	I	Asupan ( <i>intake</i> ), (mg/kg/hari)	perhitungan	primer	perhitungan
2	C	Konsentrasi <i>risk agent</i> , (m <sup>3</sup> /jam) untuk medium udara	konsentrasi PM <sub>10</sub>	sekunder	Badan lingkungan hidup DIY
3	R	Laju Asupan (m <sup>3</sup> /jam)	0,83 m <sup>3</sup> /jam	sekunder	Nukman dkk, 2005
4	tE	Pedagang	10 jam	primer	Paderi, 2008
	fE	Frekuensi pajanan	350	sekunder	US.EPA
5	Dt	Durasi pajanan, (tahun) (30 tahun untuk nilai <i>default residential</i> )	30	sekunder	kolluru dkk., 1996
6	Wb	Berat Badan (kg)	55	Primer	Kuisisioner

No	Simbol	Keterangan	Nilai	Jenis Data	Sumber
7	tavg	periode waktu rata - rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik	10950	sekunder	US.EPA
8	RfC	<i>Reference of Concentration</i>	0,014	sekunder	US. EPA

### 3.7 Beban Emisi

Sekitar 75% sumber pencemar udara di Indonesia berasal dari gas buang hasil pembakaran bahan bakar fosil, termasuk yang digunakan untuk transportasi (Wardhana, 1995). Kendaraan bermotor mengeluarkan gas karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dan hidrokarbon (HC) sehingga menyumbang 1/3 dari total gas pencemar di udara (Kuncoro, 2011). Perhitungan beban emisi digunakan untuk mengendalikan pencemaran udara berdasarkan dengan Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 pasal 6 ayat 4 tentang pentingnya kegiatan inventarisasi sumber pencemar atau inventaris emisi (IE). Hal tersebut bertujuan untuk menghitung beban emisi yang dapat dijadikan dasar bagi suatu kota untuk menentukan targer penurunan beban pencemar dengan cara yang efektif dan tepat sasaran. Berikut merupakan perhitungan dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6}$$

Dimana:

E : Beban Emisi Kendaraan (ton/tahun)

Vol.Kendaraan: Jumlah Kendaraan (kendaraan/tahun)

VKT : Total Panjang Perjalanan Kendaraan (km)

Fe : Faktor Emisi (g/km/kendaraan)

Rumus perhitungan beban emisi mengacu pada pedoman teknis penyusunan inventaris emisi pencemar udara di perkotaan (2013). Untuk FE (faktor emisi) diketahui dari Peraturan Menteri LH No.12 tahun 2010. Dan untuk



VKT atau total panjang perjalanan kendaraan didapatkan dari Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman. Untuk data volume kendaraan menggunakan asumsi bahwa kendaraan tersebut melewati 6 (enam) titik lokasi pemantauan.

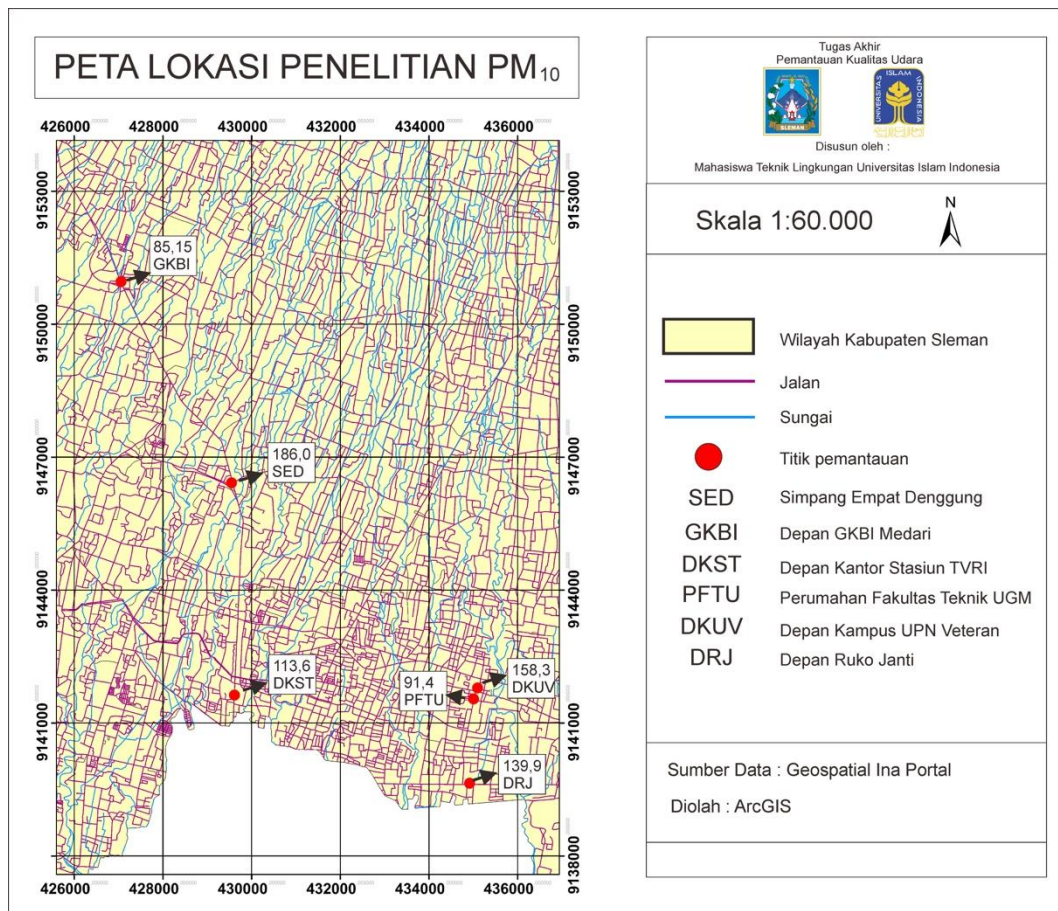


## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di beberapa titik yang berada di Kabupaten Sleman dengan menggunakan data sekunder yang diambil oleh Badan Lingkungan Hidup DIY dan Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis konsentrasi  $PM_{10}$  yang berada di udara ambien Kabupaten Sleman dengan berdasarkan titik pemantauan yang dilakukan oleh BLH DIY pada rentan tahun 2016 – 2018, dan beberapa titik pemantauan dilakukan pada rentan tahun 2014 -2015. Selain dilakukan pemantauan  $PM_{10}$  juga dilakukan analisis terhadap kondisi meteorologi, kependudukan, industri serta transportasi di Kabupaten Sleman.



Gambar 4. 1 Peta Administrasi Kabupaten Sleman

Sumber: Geospasial.Ina-Portal

Titik pemantauan tersebut dipilih karena lokasi tersebut merupakan rute masyarakat berangkat kerja maupun pulang kerja atau lokasi yang sering dilalui oleh masyarakat dalam berkegiatan. Pemilihan titik pemantauan di dasari atas kondisi nyata lokasi tersebut. Berikut adalah beberapa lokasi titik pemantauan:

- a. Depan Ruko Janti, dengan kode sampel DRJ pada peta. DRJ merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Depok. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena berada di kawasan pertokoan. Selain itu depan Ruko Janti juga berdekatan dengan perkantoran. Pada jam – jam tertentu lokasi tersebut mengalami peningkatan volume kendaraan seperti pada pagi hari jam 07.00 –

- 09.00 pagi, karena masyarakat pada jam tersebut memulai aktivitas seperti berangkat ke kantor. Kemudian pada sore hari jam 16.00 – 18.00 sore, karena masyarakat pada jam tersebut pulang dari kantor. Seperti pada lampiran 8 dan lampiran 9.
- b. Depan Kantor Stasiun TVRI, dengan kode sampel DKST pada peta. DKST merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Mlati. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena berada di kawasan pertokoan dan perkantoran. Pada jam – jam tertentu lokasi tersebut mengalami peningkatan volume kendaraan seperti pada pagi hari jam 07.00 – 09.00 pagi, karena masyarakat pada jam tersebut memulai aktivitas seperti berangkat ke kantor. Kemudian pada sore hari jam 16.00 – 18.00 sore, karena masyarakat pada jam tersebut pulang dari kantor. Kemudian pada lokasi tersebut banyak aktivitas seperti jual beli mobil dan pada lokasi tersebut banyak ruko – ruko dan pedagang kaki lima yang berjualan di daerah tersebut. Detail lokasi seperti pada lampiran 5.
- c. Simpang Empat Deggung, dengan kode sampel SED pada peta. SED merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Sleman. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena di kawasan pertokoan dan perkantoran. Pada jam – jam tertentu lokasi tersebut mengalami peningkatan volume kendaraan seperti pada pagi hari jam 07.00 – 09.00 pagi, karena masyarakat pada jam tersebut memulai aktivitas seperti berangkat ke kantor. Kemudian pada sore hari jam 16.00 – 18.00 sore, karena masyarakat pada jam tersebut pulang dari kantor. Kemudian pada daerah tersebut banyak masyarakat yang melakukan aktivitas seperti berdagang. Detail lokasi terdapat pada lampiran 3 dan lampiran 4.
- d. Depan Kampus UPN Veteran, dengan kode sampel DKUV pada peta. DKUV merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Depok. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena berada di kawasan lalu lintas yang padat dan kawasan perkantoran. Pada jam

- jam tertentu lokasi tersebut mengalami peningkatan volume kendaraan seperti pada pagi hari jam 07.00 – 09.00 pagi, karena masyarakat pada jam tersebut memulai aktivitas seperti berangkat ke kantor. Kemudian pada sore hari jam 16.00 – 18.00 sore, karena masyarakat pada jam tersebut pulang dari kantor. Detail lokasi terdapat pada lampiran 10.
- e. Perumahan Fakultas Teknik UGM, dengan kode sampel PFTU pada peta. PFTU merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Caturtunggal. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena berada di kawasan pertokoan yang padat. Pada jam – jam tertentu lokasi tersebut mengalami peningkatan volume kendaraan seperti pada pagi hari jam 07.00 – 09.00 pagi, karena masyarakat pada jam tersebut memulai aktivitas seperti berangkat ke kantor. Kemudian pada sore hari jam 16.00 – 18.00 sore, karena masyarakat pada jam tersebut pulang dari kantor. Kemudian pada daerah tersebut banyak masyarakat yang melakukan kegiatan seperti berdagang dan daerah tersebut merupakan daerah kampus sehingga banyak mahasiswa yang sering melintasi lokasi tersebut. Detail lokasi terdapat pada lampiran 6 dan lampiran 7.
- f. Depan GKBI Medari, dengan kode sampel GKBI pada peta. GKBI merupakan titik yang berada di wilayah kecamatan Sleman. Titik tersebut merupakan lokasi yang padat karena berada di kawasan pertokoan dan kawasan lalu lintas yang padat. Kemudian lokasi tersebut merupakan jalan antar kabupaten, sehingga banyak kendaraan berat yang sering melintas pada daerah tersebut. Detail lokasi terdapat pada lampiran 1 dan lampiran 2.

#### **4.1.1 Kependudukan**

Penduduk Kabupaten Sleman merupakan orang yang berdomisili di wilayah administrasi Kabupaten Sleman selama 6 bulan atau lebih dan atau mereka yang berdomisili kurang dari 6 bulan tetapi bertujuan untuk menetap. Berdasarkan BPS

Kabupaten Sleman jumlah penduduk yang berada di lokasi penelitian mengalami peningkatan dan penurunan. Peningkatan tersebut terjadi akibat dari adanya kenaikan angka kelahiran dan terjadinya migrasi yang ada di Kabupaten Sleman. Dari tabel 4.1 dapat diketahui data kependudukan berdasarkan lokasi penelitian:

Tabel 4. 1 Data Kependudukan Berdasarkan Kecamatan

No	Lokasi	Jumlah Penduduk (Jiwa)		
		2016	2017	2018
1	Depan Ruko Janti (Depok)	188771	189649	120375
2	Depan Kantor Stasiun TVRI (Mlati)	112021	113732	90783
3	Simpang Empat Deggung (Sleman)	67201	67839	68864
4	Depan Kampus UPN Veteran (Depok)	188771	189649	120375
5	Perumahan Fakultas Teknik UGM (Depok)	188771	189649	120375
6	Depan GKBI Medari (Sleman)	67201	67839	68864

Sumber: Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman 2016-2019

#### 4.1.2 Transportasi

Pengertian transportasi adalah pemindahan manusia atau juga barang dari satu tempat ke tempat yang lainnya dengan menggunakan alat atau juga kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau juga mesin. Untuk di masa sekarang transportasi merupakan hal penting dan melekat dengan kehidupan sehari-hari manusia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman, terjadi penurunan dan peningkatan di setiap tahunnya.

Tabel 4. 2 Data Jumlah Kendaraan Kabupaten Sleman

No	Jenis Kendaraan	2016 (Unit)	2017 (unit)	2018 (unit)
1	Mobil Penumpang	167864	12004	11560
2	Bus/Microbus	7384	99	168
3	Mobil Barang	14561	1401	1085
4	Kendaraan Khusus/truk	4196	1471	516
5	Sepeda Motor	735734	39484	40740
Total		929739	54459	54069

Sumber: Badan Pusat Statistika Kabupaten Sleman 2016-2019

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui terjadi penurunan dan peningkatan pada tiap tahunnya akibat data yang didapat belum tercatat sepenuhnya di BPS Kabupaten Sleman. Data tersebut digunakan untuk menghitung hubungan antara peningkatan konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan yang berada di Kabupaten Sleman. Hal tersebut dicantumkan pada gambar 4.2.

#### 4.1.3 Beban Emisi Kendaraan Kabupaten Sleman

Berdasarkan dari perhitungan kendaraan yang diambil langsung melalui CCTV dari Dinas Perhubungan Daerah Istimewa Yogyakarta dan survey lapangan. Perhitungan tersebut dilakukan pada rentang waktu jam 08.00 – 09.00, 12.00 – 13.00, 17.00 – 18.00, masing - masing dilakukan selama 1 jam. Untuk beban emisi yang digunakan merupakan emisi kendaraan karena sampling dilakukan di tepi jalan.

Perhitungan dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6}$$

Dimana:

E : Beban Emisi Kendaraan (ton/tahun)

Vol.Kendaraan: Jumlah Kendaraan (kendaraan/tahun)

VKT : Total Panjang Perjalanan Kendaraan (km)

Fe : Faktor Emisi (g/km/kendaraan)

Contoh perhitungan:

$$E (\text{mobil}) = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6}$$

$$E (\text{mobil}) = 182425 \times 899,59 \times 0,12 \times 10^{-6}$$

$$E (\text{mobil}) = 19,7 \text{ ton/tahun}$$

Untuk data perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan			Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi ( E ) (2016)	Beban Emisi ( E ) (2017)	Beban Emisi ( E ) (2018)
		2016 (Unit)	2017 (unit)	2018 (unit)				
1	Mobil (Campur)	182425	13405	12645	0,12	19,7	1,1	1,1
2	Bus/Microbus	7384	99	168	1,4	9,3	0,1	0,2
3	Kendaraan Khusus/Truk	4196	1471	516	1,4	5,3	1,4	0,5
4	Sepeda Motor	735734	39484	40740	0,24	158,8	6,6	6,8
Total		929739	54459	54069		193,1	9,3	8,6





No	Lokasi	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)
1	Depan Ruko Janti	Mobil (campur)	2758
		Bus/Microbus	33
		Truk	25
		Sepeda Motor	8845
2	Depan Kantor Stasiun TVRI	Mobil (campur)	2255
		Bus/Microbus	39
		Truk	29
		Sepeda Motor	6384
3	Simpang Empat Deggung	Mobil (campur)	2555
		Bus/Microbus	48
		Truk	35
		Sepeda Motor	8666
4	Depan Kampus UPN Veteran	Mobil (campur)	2684
		Bus/Microbus	18
		Truk	20
		Sepeda Motor	7824
5	Perumahan Teknik Fakultas UGM	Mobil (campur)	2087
		Bus/Microbus	21
		Truk	16
		Sepeda Motor	6409
6	Depan GKBI Medari	Mobil (campur)	1763
		Bus/Microbus	34
		Truk	36
		Sepeda Motor	5666

الجامعة الإسلامية  
الاستاذ الدكتور

Tabel 4. 3 Beban Emisi Kendaraan

No	Lokasi	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (Unit)	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E)	Total
1	Depan Ruko Janti	Mobil (campur)	2758	0,063	0,12	0,0000	0,0002
		Bus/Microbus	33	0,063	1,4	0,0000	
		Truk	25	0,063	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	8845	0,063	0,24	0,0001	
2	Depan Kantor Stasiun TVRI	Mobil (campur)	2255	0,199	0,12	0,0001	0,0004
		Bus/Microbus	39	0,199	1,4	0,0000	
		Truk	29	0,199	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	6384	0,199	0,24	0,0003	
3	Simpang Empat Deggung	Mobil (campur)	2555	0,204	0,12	0,0001	0,0005
		Bus/Microbus	48	0,204	1,4	0,0000	
		Truk	35	0,204	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	8666	0,204	0,24	0,0004	
4	Depan Kampus UPN Veteran	Mobil (campur)	2684	0,256	0,12	0,0001	0,0006
		Bus/Microbus	18	0,256	1,4	0,0000	
		Truk	20	0,256	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	7824	0,256	0,24	0,0005	
5	Perumahan Teknik Fakultas UGM	Mobil (campur)	2087	0,139	0,12	0,0000	0,0003
		Bus/Microbus	21	0,139	1,4	0,0000	
		Truk	16	0,139	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	6409	0,139	0,24	0,0002	
6	Depan GKBI Medari	Mobil (campur)	1763	0,256	0,12	0,0001	0,0004
		Bus/Microbus	34	0,256	1,4	0,0000	
		Truk	36	0,256	1,4	0,0000	
		Sepeda Motor	5666	0,256	0,24	0,0003	

#### 4.1.4 Meteorologi

Konsentrasi polutan di udara selain dipengaruhi oleh jumlah sumber pencemar (Tampubolon, 2010) juga dipengaruhi oleh parameter meteorologi yaitu seperti radiasi matahari, suhu udara, kelembapan udara, kecepatan dan arah angin, serta curah hujan bisa mempengaruhi fluktuasi konsentrasi polutan di suatu wilayah. Seperti data meteorologi kabupaten Sleman pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4 Data Meteorologi Kabupaten Sleman

No	Tahun	Suhu Rata-rata (°C)	Curah hujan (mm)	Kelembaban udara (%)	Tekanan udara (mb)	Kecepatan Angin (m/s)
1	2016	26,7	254,7	87,2	1014,0	6,6
2	2017	26,1	211,9	85,3	995,7	0,9
3	2018	26,0	133,5	84,0	995,9	1,0
Rerata		26,3	200	85,5	1001,9	2,8

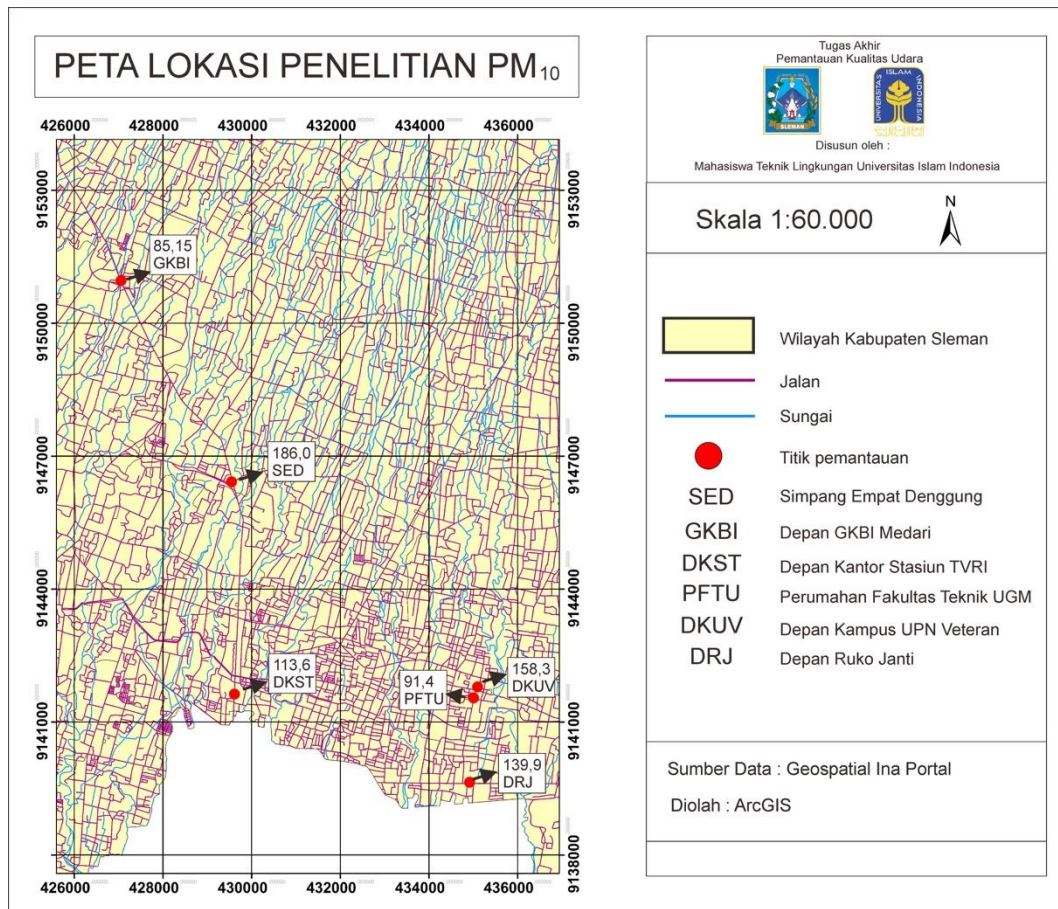
Sumber: BMKG, Kabupaten Sleman 2016-2018

Data meteorologi tersebut diambil oleh BMKG pada titik stasiun pemantauan Gamping, Sleman. Berdasarkan data pada tabel 4.4 diketahui data suhu rata-rata, curah hujan, dan kelembapan udara mengalami penurunan. Sedangkan pada data tekanan udara dan kecepatan angin pada tahun 2016 hingga 2017 terjadi penurunan yang cukup signifikan, tetapi pada tahun 2018 data mengalami kenaikan. Berdasarkan tabel 4.11 data kecepatan angin pada tahun 2016 sebesar 0,6 m/s namun pada tahun 2017 mengalami penurunan hingga 0,9 m/s sedangkan pada tahun 2018 mengalami kenaikan hingga 1 m/s. Penurunan juga terjadi pada data curah hujan tahun 2017 sebesar 211,9 mm dan terjadi penurunan pada tahun 2018 sebesar 133,5 mm.

#### 4.2 Konsentrasi PM<sub>10</sub> di Udara Ambien

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY konsentrasi *Particulate Matter* 10 µm (PM<sub>10</sub>) di udara ambien Kabupaten Sleman dilakukan di 6 titik pemantauan dengan periode waktu 2016 hingga 2018. Lokasi

pemantauan meliputi 6 (enam) titik yaitu depan ruko Janti, depan kantor stasiun TVRI, simpang empat Deggung, depan kampus UPN Veteran, perumahan fakultas Teknik UGM, dan depan GKBI Medari. Berikut sebaran titik lokasi berdasarkan peta administrasi Kabupaten Sleman sebagai berikut:

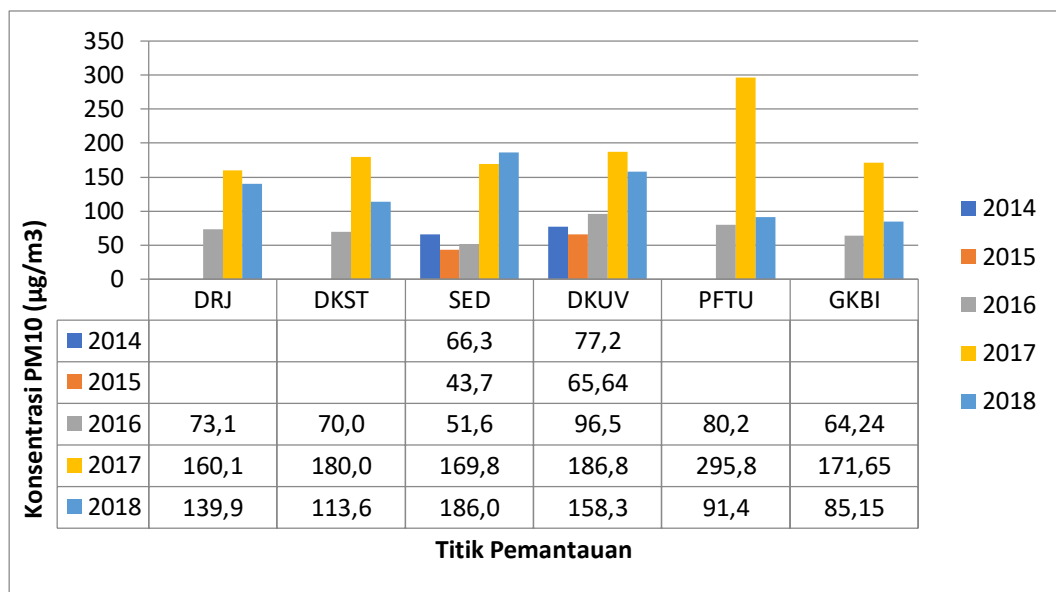


Gambar 4. 2 Peta Konsentrasi Pemantauan PM<sub>10</sub> Kabupaten Sleman 2018

Sumber: Portal.Ina-sdi.or.id

Berdasarkan gambar 4.2 titik persebaran berdasarkan dengan data pemantauan pada tahun 2018. Lokasi pemantauan dilakukan di beberapa titik udara yang ada di Kabupaten Sleman dengan tingkat konsentrasi PM<sub>10</sub> yang berbeda-beda. Berikut nilai konsentrasi PM<sub>10</sub> dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Berdasarkan pada tabel 4.3 konsentrasi PM<sub>10</sub> pada setiap tahunnya mengalami peningkatan dan penurunan. Tetapi pada tahun 2017 konsentrasi PM<sub>10</sub> di setiap lokasi mengalami peningkatan yang signifikan dibanding dengan tahun 2016.



Gambar 4. 3 Konsentrasi PM<sub>10</sub>

Berdasarkan dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa lonjakan peningkatan konsentrasi PM<sub>10</sub> terjadi di tahun 2017 dengan kenaikan yang cukup signifikan. Data pemantauan yang mengalami kenaikan pada tahun 2017 terjadi di setiap titik lokasi pemantauan penelitian.

#### 4.2.1 Konsentrasi PM<sub>10</sub> di Setiap Titik Pemantauan

Berdasarkan dari data pemantauan yang dilakukan, konsentrasi PM<sub>10</sub> pada setiap tahunnya mengalami penurunan dan peningkatan. Apabila data tersebut dalam bentuk grafik, akan terlihat bentuk grafik tersebut fluktuatif. Pada tahun 2017 terjadi peningkatan PM<sub>10</sub> yang cukup tinggi dengan nilai konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 194 µg/m<sup>3</sup>. Berbeda dengan tahun 2016 yang mempunyai konsentrasi PM<sub>10</sub> hanya sebesar 72,6 µg/m<sup>3</sup>. Lonjakan konsentrasi PM<sub>10</sub> tersebut diakibatkan karena banyaknya kendaraan baik motor maupun mobil yang melintas di lokasi tersebut. Adapun hal lain yang mengakibatkan lonjakan itu terjadi yaitu semakin berkurangnya pepohonan yang ada di daerah Kabupaten Sleman akibat dari adanya

alih fungsi lahan menjadi kawasan permukiman dan kawasan komersial. Hal tersebut diperkuat lagi dengan kondisi konsentrasi  $PM_{10}$  menurut US-EPA (2013), kegiatan konstruksi dapat menghasilkan partikulat khusus  $PM_{10}$  yang dihasilkan dari proses pengangkutan material dan debu dari pembangunan konstruksi.

Pada tahun 2017 titik lokasi konsentrasi  $PM_{10}$  paling tinggi berada di perumahan fakultas Teknik UGM. Dimana pada tahun itu konsentrasi  $PM_{10}$  di perumahan fakultas Teknik UGM mencapai angka lebih dari  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dibandingkan dengan tahun 2016 dan 2018. Lokasi tersebut dapat mencapai angka hingga lebih dari  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  akibat dari terjadinya pembangunan kos dan pembangunan penginapan serta pembangunan ruko-ruko yang ada di sekitaran perumahan fakultas Teknik UGM. Adapun hal lain yang memicu tingginya konsentrasi  $PM_{10}$  di sekitar perumahan fakultas Teknik UGM yaitu, sering terjadinya kepadatan volume lalu lintas di daerah tersebut karena kawasan tersebut sudah menjadi pusat perekonomian di DIY. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Saepudin dan Admono (2005) di dalam Ruslinda (2018) dimana peningkatan konsentrasi terjadi akibat dari peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang tidak sebanding dengan peningkatan panjang jalan, dan dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas seperti volume kendaraan, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, jenis kendaraan, dan lain sebagainya.

Berdasarkan data pemantauan pada gambar 4.3 di lokasi simpang empat Deggung tahun 2014 hingga tahun 2016 konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Hal itu disebabkan karena kecepatan angin di lokasi tersebut tergolong sedang yaitu  $5,5 \text{ m/s}$  hingga  $8 \text{ m/s}$  sehingga konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien simpang empat Deggung tersebar oleh angin tersebut. Penjelasan tersebut didukung oleh penelitian dari Dwi, dkk (2014), apabila kecepatan angin tinggi maka akan meratakan konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien sehingga akan menurunkan konsentrasi  $PM_{10}$ , sedangkan apabila kecepatan angin rendah maka konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien tidak tersebar sehingga akan menumpuk di satu lokasi dan mengakibatkan konsentrasi  $PM_{10}$  di lokasi tersebut tinggi. Sedangkan pada tahun 2017 hingga tahun 2018 terjadi peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  di simpang empat Deggung karena di lokasi tersebut sedang

terdapat proyek pembangunan mall Sleman City Hall. Menurut US-EPA (2013) kegiatan konstruksi dapat menghasilkan partikulat khusus  $PM_{10}$  yang dihasilkan dari proses pengangkutan material dan debu konstruksi. Hal ini yang mendukung sebagai penyebab konsentrasi  $PM_{10}$  di simpang empat Deggung tinggi pada tahun 2017 dan 2018.

Berdasarkan pada gambar 4.3 konsentrasi  $PM_{10}$  di depan kampus UPN Veteran pada tahun 2017 mengalami peningkatan yang signifikan. Apabila dibandingkan dengan tahun 2016 yang konsentrasi  $PM_{10}$  nya sebesar  $96,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kemudian pada tahun 2017 melonjak hingga 2 kali lipat hingga sebesar  $186,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal itu disebabkan oleh datangnya puluhan ribu mahasiswa baru yang berasal dari Jawa maupun luar Jawa. Kedatangan mahasiswa tersebut sering kali diikuti oleh naiknya volume kendaraan bermotor yang digunakan untuk menunjang aktivitas sehari-hari para mahasiswa. Penggunaan kendaraan pribadi dianggap lebih fleksibel dibandingkan menggunakan transportasi umum yang telah disediakan oleh pemerintah, namun hal tersebut telah berdampak pada naiknya volume kendaraan. Volume kendaraan bermotor yang semakin besar telah membuat ruang gerak di kawasan tersebut semakin kecil. Hal itu membuat konsentrasi  $PM_{10}$  di daerah tersebut menjadi tinggi. Penjelasan tersebut di dukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Saepudin dan Admono (2005) di dalam Yenni Ruslinda (2018) dimana peningkatan konsentrasi terjadi akibat dari peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang tidak sebanding dengan peningkatan panjang jalan, dan dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas seperti volume kendaraan, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, jenis kendaraan, dan lain sebagainya.

Berdasarkan gambar 4.3 di lokasi depan kantor stasiun TVRI tahun 2017 mengalami peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  tetapi pada tahun 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  di lokasi tersebut mengalami penurunan. Konsentrasi  $PM_{10}$  tahun 2017 di depan kantor stasiun TVRI sebesar  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sedangkan pada tahun 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  sebesar  $113,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Peningkatan tersebut terjadi karena adanya pembangunan restaurant dan cafe di sekitaran lokasi tersebut. Debu dari proyek pembangunan itulah yang mengakibatkan konsentrasi  $PM_{10}$  di depan stasiun TVRI tinggi. Adapun hal lain yang memicu peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  yaitu, faktor



meteorologi. Dikutip dari laman berita *tirto.id* yang di akses pada 19 Februari 2017, BMKG mengatakan bahwa musim kemarau DIY terjadi pada akhir April 2017. Hal tersebut berkesinambungan dengan adanya proyek pembangunan restaurant dan cafe yang ada disekitaran kantor stasiun TVRI. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhaimin (2014) curah hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat pencemaran. Pada musim kemarau konsentrasi partikulat akan semakin tinggi, sedangkan pada musim penghujan konsentrasi partikulat akan semakin rendah. Kedua hal tersebut yang dapat memicu peningkatan konsentrasi PM<sub>10</sub> di lokasi kantor stasiun TVRI.

Berdasarkan pada gambar 4.3 konsentrasi PM<sub>10</sub> di depan ruko Janti pada tahun 2017 juga mengalami peningkatan yang signifikan, tetapi pada tahun berikutnya mengalami penurunan. Peningkatan dan penurunan konsentrasi PM<sub>10</sub> juga terjadi di beberapa titik lokasi pemantauan. Konsentrasi PM<sub>10</sub> yang berada di depan ruko Janti pada tahun 2017 sebesar 160,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dibandingkan dengan tahun 2016 konsentrasi PM<sub>10</sub> hanya sebesar 73,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> di depan ruko Janti mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Hal itu disebabkan oleh terjadinya penumpukan kendaraan yang menyebabkan kemacetan pada jam-jam tertentu. Puncak terjadinya kemacetan terjadi pada jam-jam sibuk seperti pagi hari saat orang-orang pergi untuk kuliah, kerja, sekolah dan sore hari saat orang-orang pulang kerja dan pulang kuliah. Puncak kemacetan juga terjadi pada hari libur, jumlah wisatawan yang berlibur baik local, domestik bahkan mancanegara cenderung meningkat sehingga terjadi peningkatan volume kendaraan yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas di lokasi tersebut. Hal tersebut didukung oleh penelitian milik Dedi Purwa Putra (2013) perkembangan penduduk yang semakin meningkat telah membuat system transportasi jalan raya mengalami tingkat kompleksitas yang tinggi seperti halnya semakin banyak masyarakat yang menggunakan bahan-bahan yang berteknologi tinggi yang dapat menimbulkan pencemaran udara seperti motor dan mobil. Hal ini memberikan kontribusi besar dalam menurunkan kualitas udara yang dapat mengganggu kenyamanan, kesehatan dan bahkan keseimbangan iklim global.



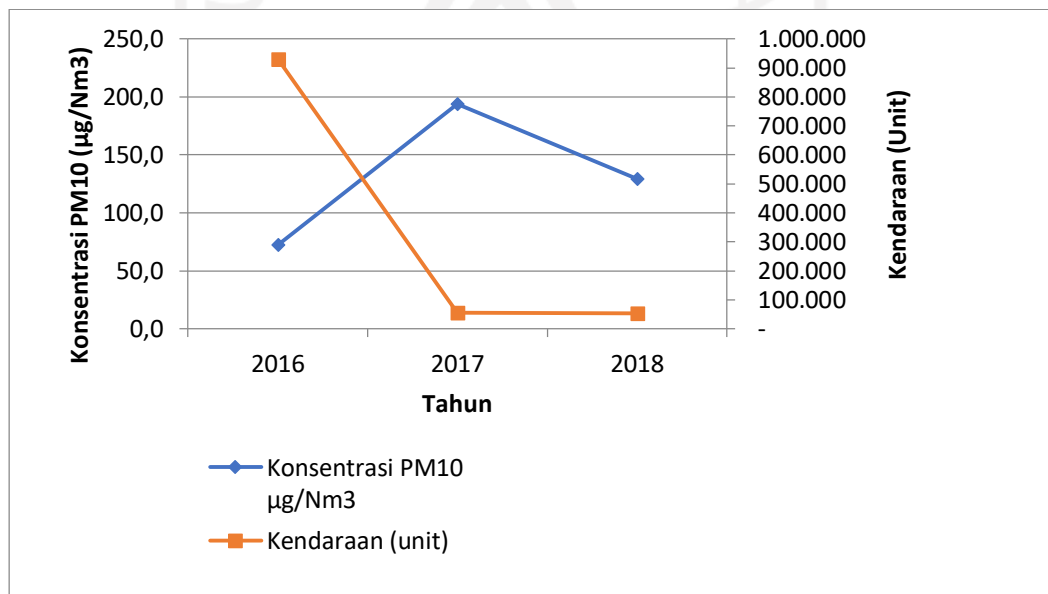
Berdasarkan gambar 4.3 konsentrasi  $PM_{10}$  di depan GKBI Medari pada tahun 2017 mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Konsentrasi  $PM_{10}$  pada tahun 2017 sebesar  $171,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Apabila dibandingkan dengan tahun 2016 yang nilai konsentrasinya sebesar  $64,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dapat diketahui bahwa dari tahun 2016 hingga 2017 terjadi peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  yang cukup tinggi. Pemicu terjadinya kenaikan nilai konsentrasi  $PM_{10}$  pada tahun tersebut akibat di depan GKBI Medari terdapat jalan Provinsi yang biasanya dilalui oleh berbagai macam kendaraan, khususnya kendaraan bermotor. Kepemilikan kendaraan bermotor di Kabupaten Sleman tergolong tinggi yaitu mencapai angka hingga 700.000 (tujuh ratus ribu). Dapat dikatakan bahwa jalan tersebut lebih padat oleh volume kendaraan bermotor dibandingkan oleh jenis kendaraan yang lain. Hal itu bisa menjadi pemicu terjadinya peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  yang berada di depan GKBI Medari. Penjelasan tersebut didukung oleh penelitian milik Dedi Purwa Putra (2013) bahwa salah satu sumber pencemar diperkotaan adalah emisi dari kendaraan bermotor, yang dimana dampak lingkungan yang dihasilkan salah satunya adalah polusi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien. Tetapi pada tahun 2018 di depan GKBI Medari terjadi penurunan konsentrasi hingga sebesar  $85,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal itu mungkin disebabkan oleh salah satu dari faktor meteorologi yaitu curah hujan.

### 4.3 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan Kondisi di Lapangan

#### 4.3.1 Analisa konsentrasi PM<sub>10</sub> terhadap transportasi

Peningkatan pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan kualitas udara ambien. Dengan meningkatnya jumlah penduduk akan mempengaruhi tingkat kebutuhan akan transportasi, hal tersebut dapat memicu terjadinya peningkatan konsentrasi pencemar yang ada di udara.

Sejalan dengan pesatnya pembangunan dan peningkatan jumlah penduduk yang tinggal di Kabupaten Sleman, maka jumlah kendaraan juga akan mengalami peningkatan. Dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan yang beroperasi maka akan menyebabkan peningkatan pada konsentrasi PM<sub>10</sub> sehingga di khawatirkan membahayakan kesehatan masyarakat dan mempengaruhi kualitas udara apabila melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara jumlah kendaraan dengan konsentrasi PM<sub>10</sub> di Kabupaten Sleman, data jumlah kendaraan diambil dari Badan Pusat Statistika tahun 2016 hingga 2018. Data jumlah kendaraan tersebut dicantumkan pada tabel 4.4. Berikut merupakan data konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan di Kabupaten Sleman:



Gambar 4. 4 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan

Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa grafik perbandingan antara  $PM_{10}$  dengan jumlah kendaraan yang ada di Kabupaten Sleman mengalami penurunan yang sangat signifikan. Berdasarkan pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena pada tahun 2017 pemerintah mulai menerapkan standart emisi Euro-4 bagi kendaraan bermotor. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 20 tahun 2017 menyebutkan bahwa penggunaan dengan mesin standar emisi Euro-4 dapat mengurangi ambang batas untuk partikulat dan nitrogen oksida dalam mesin. Beberapa mobil dengan mesin yang baru mempunyai filter partikel yang dapat menangkap 99% partikulat. Standar emisi gas buang Euro-4 pada bahan bakar minyak untuk *particulate* adalah 0,025 gr/km. Pada tahun 2016 hingga 2017 konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal tersebut diakibatkan karena berdasarkan pada jurnal penelitian terdahulu dikatakan bahwa jumlah kendaraan berpengaruh pada peningkatan konsentrasi  $PM_{10}$  di udara ambien. Penelitian tersebut didukung juga oleh pernyataan dari Kementerian Lingkungan Hidup (2012) bahwa emisi dari kendaraan bermotor menghasilkan 1,33% partikulat ke udara.

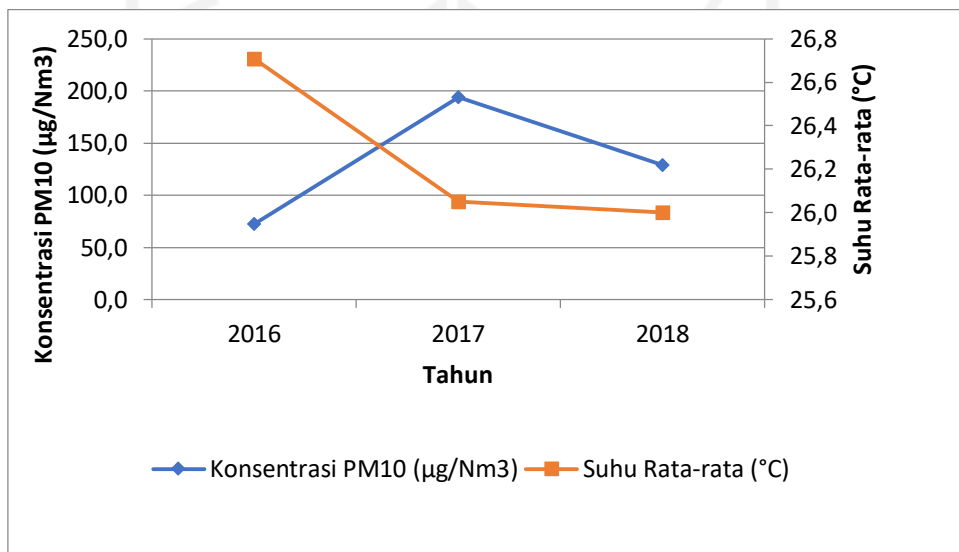
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rumseli (2016) dikatakan bahwa peningkatan penduduk yang cenderung meningkat setiap tahunnya juga berimbas pada peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Dengan adanya peningkatan tersebut, tentu akan menimbulkan dampak berupa peningkatan konsentrasi zat pencemar di udara.

#### **4.3.2 Analisa konsentrasi $PM_{10}$ terhadap meteorologi**

Faktor meteorologi merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi proses transformasi dan transportasi polutan di atmosfer. Faktor meteorologi meliputi kecepatan angin, curah hujan, kelembapan udara, dan temperatur udara memiliki pengaruh terhadap konsentrasi  $PM_{10}$ . Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk membandingkan tingkat konsentrasi  $PM_{10}$  di Kabupaten Sleman dengan kondisi meteorologi di Sleman. Berikut beberapa faktor meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi  $PM_{10}$ :

- a. Suhu Udara

Distribusi suhu udara di atmosfer sangat bergantung pada radiasi matahari, oleh sebab itu suhu udara selalu mengalami perubahan. Suhu udara mempunyai peranan dalam menentukan banyaknya partikulat yang berada di udara ambien. Berdasarkan penelitian milik Cahyadi (2016) dikatakan bahwa suhu udara yang tinggi dapat mengakibatkan keadaan lingkungan menjadi panas dan kering sehingga polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara. Berikut adalah perbandingan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan suhu yang ada di Kabupaten Sleman:



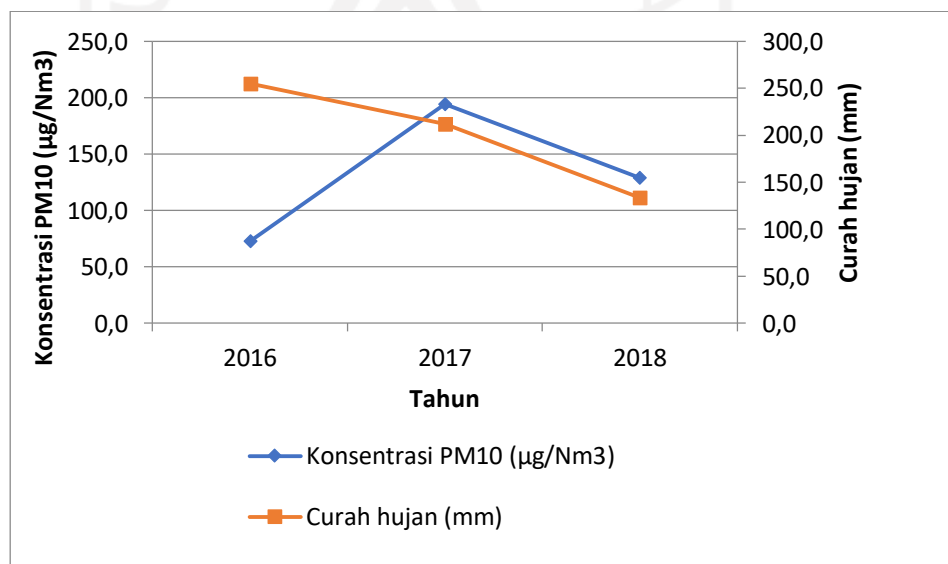
Gambar 4. 5 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan suhu

Berdasarkan data perbandingan pada gambar 4.5 diketahui bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> di udara ambien mengalami fluktuasi tetapi suhu udara konstan menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Holst , J., et al (2008) menyebutkan bahwa parameter suhu dan tekanan udara tidak terlalu berpengaruh terhadap pembentukan PM<sub>10</sub>. Selain itu suhu berpengaruh terhadap tekanan udara yang mana akan menyebabkan perbedaan tekanan udara di masing-masing tempat akibatnya akan timbul pergerakan angin yang mengalir dari tempat bertekanan tinggi ke rendah, sehingga PM<sub>10</sub> akan berpindah tempat mengikuti arah angin. Pada penelitian milik Puspitasari

(2011), menyebutkan bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> lebih tinggi Ketika musim kemarau dari pada musim hujan. Hal tersebut dikarenakan oleh temperatur udara yang cenderung tinggi pada musim kemarau sehingga kadar air di dalam partikulat lebih kecil yang kemudian lebih mudah terdispersi ke udara. Penjelasan tersebut dikuatkan oleh penelitian milik Chaloulakou (2003), bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> lebih tinggi sepanjang hari yang panas, karena terjadi proses *photochemical* pada hari dengan intensitas radiasi sinar matahari yang tinggi. Sehingga pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> tidak terpengaruh oleh adanya penurunan suhu udara.

#### b. Curah Hujan

Hujan merupakan kondisi meteorologi yang sangat mempengaruhi konsentrasi pencemar pada udara ambien. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Intan Agustine (2017) menyebutkan bahwa pada musim hujan saat nilai curah hujan cenderung tinggi, konsentrasi pencemar pada udara ambien akan justru menurun. Hal ini dikarenakan pencemar pada udara ambien terbawa dan terbilas masuk kedalam air hujan. Untuk mengetahui perbandingan konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan curah hujan dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut:

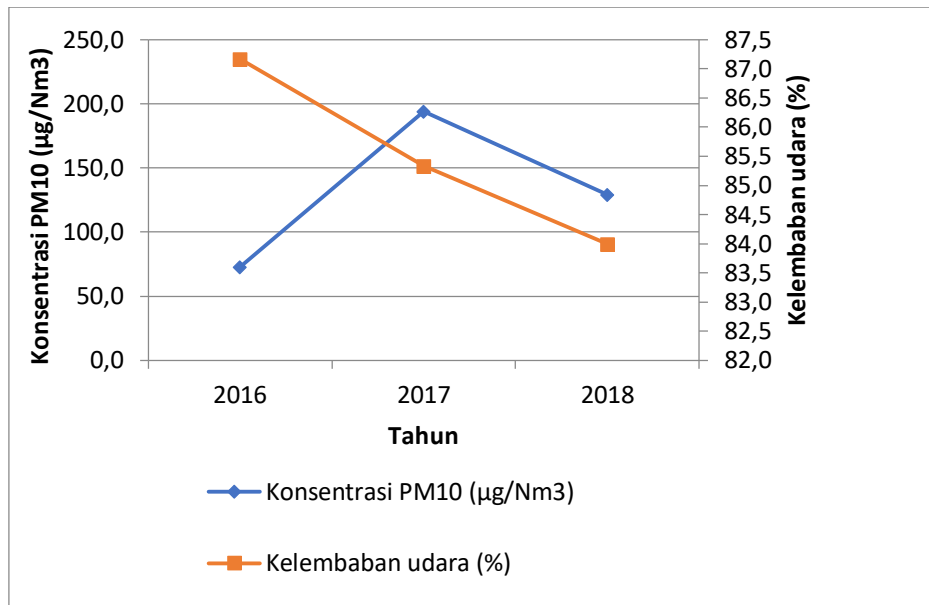


Gambar 4. 6 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan curah hujan

Berdasarkan pada gambar 4.6 diketahui bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami fluktuasi sedangkan pada curah hujan data menunjukkan penurunan. Pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami penurunan dan data curah hujan juga mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2017 hingga 2018 curah hujan di Kabupaten Sleman melebihi  $>150$  mm yaitu 211,9 mm sehingga konsentrasi  $PM_{10}$  pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Penjelasan tersebut didukung oleh penelitian milik Intan Agustine (2017) bahwa apabila nilai curah hujan cenderung tinggi, konsentrasi pencemar pada udara ambien justru menurun. Hal tersebut dikarenakan pencemar pada udara ambien terbawa dan terbilas masuk ke dalam air hujan. Sehingga dari data perbandingan diatas menunjukkan adanya hubungan antara penurunan  $PM_{10}$  dengan intensitas curah hujan.

c. Kelembapan Udara

Kelembapan udara dapat diartikan sebagai uap air didalam udara ambien. Selain kelembapan udara, uap air tersebut dapat diwakilkan dengan suhu udara. Namun nilai kedua parameter tersebut berbeda karena kelembapan udara cenderung berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi nilai kelembapan udara, semakin rendah suhu udaranya. Menurut penelitian terdahulu milik Fardiaz (2003), menyebutkan bahwa udara yang lembab akan membantu proses pengendapan suatu bahan pencemar, karena pada saat udara lembab bahan pencemar seperti partikulat akan berikatan dengan air yang didalam udara membentuk partikel yang berukuran lebih besar yang kemudian jatuh pada permukaan bumi. Berikut adalah hubungan antara konsentrasi  $PM_{10}$  dengan kelembapan udara dapat dilihat pada gambar berikut:



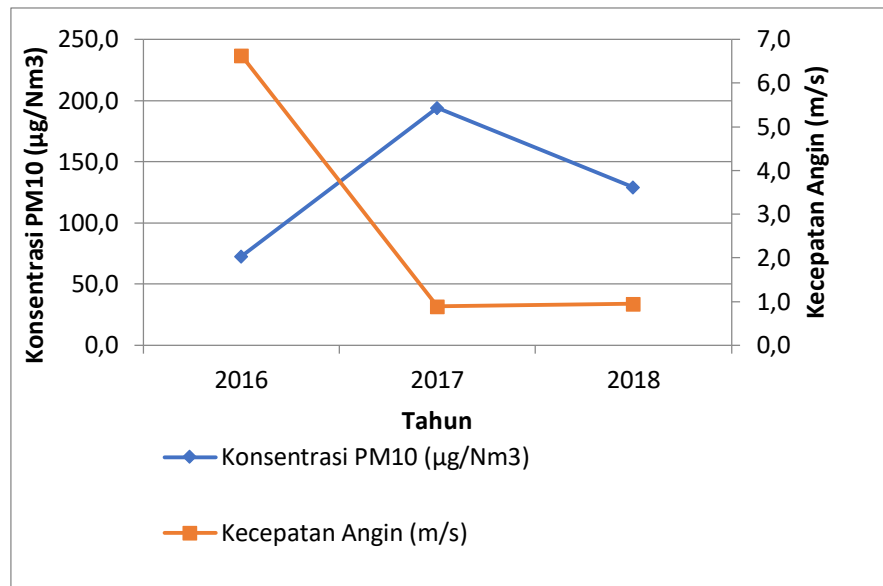
Gambar 4. 7 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan kelembapan udara

Berdasarkan gambar 4.7 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> tidak sama dengan kelembapan udara yang setiap tahunnya mengalami penurunan. Pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi PM<sub>10</sub> mengalami penurunan. Berdasarkan pada gambar 4.7 dapat dilihat nilai kelembapan udara pada tahun 2017 hingga 2018 tergolong tinggi yaitu 84% - 85% . Menurut penelitian milik Budianto (2008) menyebutkan bahwa suatu keadaan udara dapat dikatakan mempunyai kadar kelembapan yang tinggi, apabila telah mencapai di atas angka 45% - 50%. Hal tersebut yang mengakibatkan konsentrasi PM<sub>10</sub> pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Cahyadi et al (2016) menyebutkan bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> memiliki hubungan keterbalikan dengan kelembapan udara, karena kelembapan udara yang rendah memiliki keadaan udara yang kering sehingga kondisi tersebut dapat meningkatkan konsentrasi partikulat dan apabila kelembapan udara yang tinggi memiliki keadaan udara yang basah.

#### d. Kecepatan angin

Angin merupakan faktor meteorologis yang sangat berpengaruh pada distribusi dan dispersi pencemar di udara. Angin berpotensi untuk membawa pencemar dari satu sumber ke reseptor penerima yang berjarak cukup jauh dari sumber.

Perpindahan pencemar ini bergantung pada arah angin dan kecepatan angin. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin jauh potensi pencemar tersebut akan jatuh. Berikut adalah hubungan antara konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan kecepatan angin yang ada di Kabupaten Sleman:



Gambar 4. 8 Perbandingan PM<sub>10</sub> dengan kecepatan angin

Berdasarkan gambar 4.8 dapat diketahui bahwa nilai untuk kecepatan angin mengalami penurunan pada tahun 2016 hingga 2017 ,kemudian pada tahun 2018 nilai tersebut mengalami peningkatan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sofiati (2013) menyebutkan bahwa konsentrasi maksimum PM<sub>10</sub> terjadi ketika kecepatan angin rendah. Dan konsentrasi PM<sub>10</sub> minimum terjadi Ketika kecepatan angin tinggi. Hal tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Holst, J (2008) dan Dwi, dkk (2014) yang menyebutkan bahwa angin sebagai media persebaran polutan merupakan faktor meteorologi yang dapat memperbesar atau memperkecil konsentrasi PM<sub>10</sub>. Kecepatan angin mempengaruhi tingkat konsentrasi PM<sub>10</sub>. Apabila kecepatan angin tinggi, konsentrasi PM<sub>10</sub> akan tersebar secara merata sehingga menurunkan konsentrasinya. Namun apabila kecepatan angin rendah PM<sub>10</sub> tidak tersebar dan menumpuk di satu lokasi sehingga konsentrasinya meningkat. Berdasarkan pada gambar 4.8 kecepatan angin berkorelasi dengan peningkatan PM<sub>10</sub> hanya pada tahun 2017, dikarenakan nilai kecepatan angin

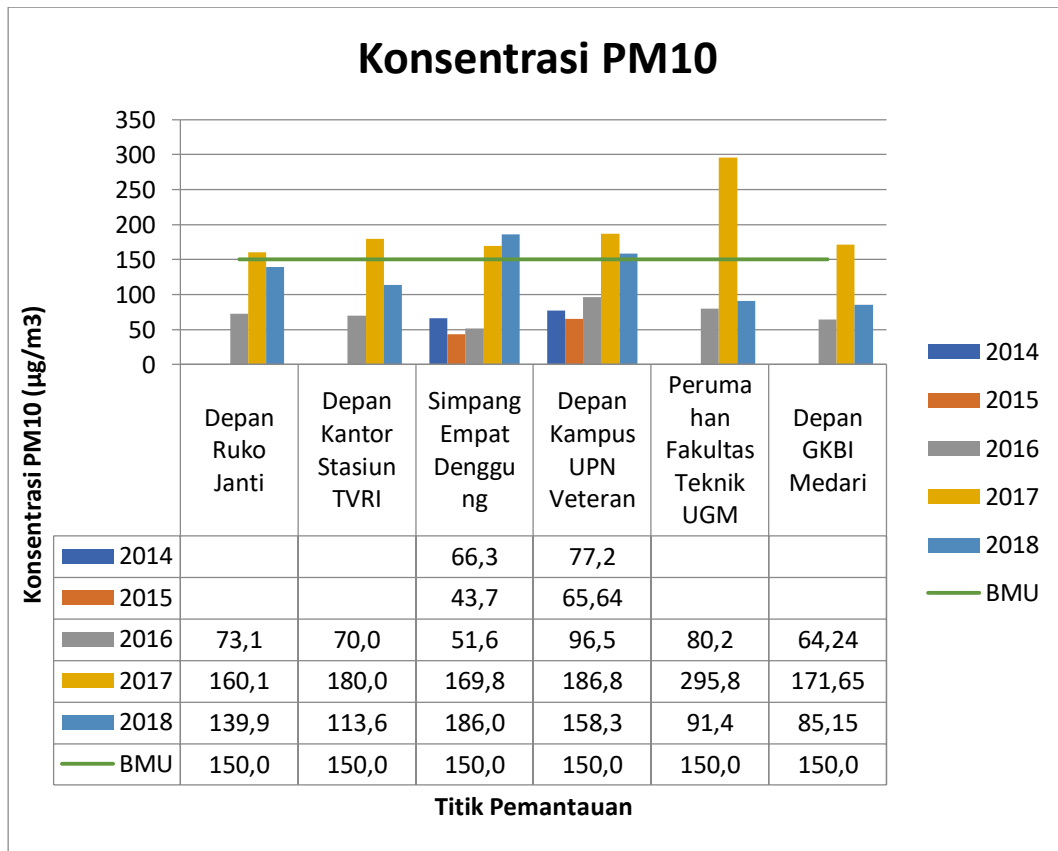


pada tahun 2017 hanya sebesar 0,9 m/s dan nilai konsentrasi PM<sub>10</sub> sebesar 198,5 µg/m<sup>3</sup>.

#### **4.4 Perbandingan Konsentrasi PM<sub>10</sub> dengan Baku Mutu Udara Ambien**

Berdasarkan dengan data pemantauan konsentrasi PM<sub>10</sub> yang dilakukan oleh BLH Provinsi DIY pada 6 titik yang berada di Kabupaten Sleman dengan rentang tahun 2016 hingga 2018 yang kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu udara ambien berdasarkan Pergub DIY No.153 tahun 2002. Untuk mengetahui titik pemantauan konsentrasi PM<sub>10</sub> yang melebihi baku mutu dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:



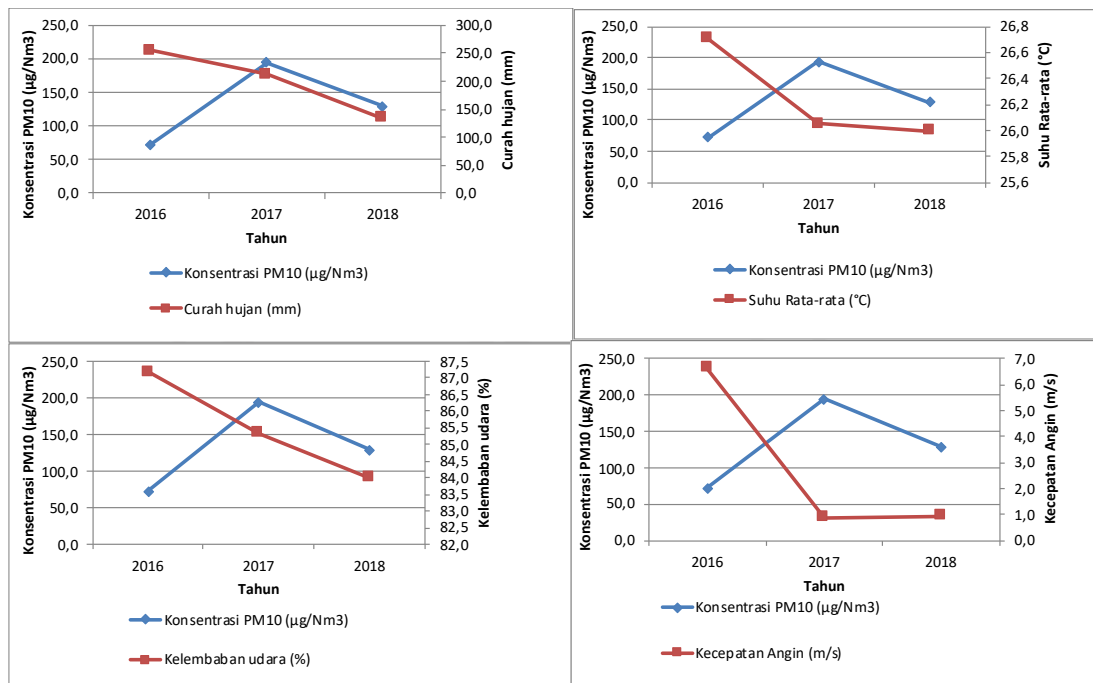


Gambar 4. 9 Perbandingan PM<sub>10</sub> seluruh dengan baku mutu

Gambar yang disajikan tersebut merupakan pengelompokan dari perbandingan PM<sub>10</sub> dengan baku mutu yang sudah dikelompokkan sesuai tahun. Berdasarkan dengan Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan nilai baku mutu PM<sub>10</sub> selama 24 jam sebesar 150 µg/m<sup>3</sup>. Pada tahun 2017 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> melebihi baku mutu dan pada tahun 2018 di beberapa lokasi terlihat konsentrasi PM<sub>10</sub> melebihi baku mutu. Dapat dilihat di titik pemantauan depan ruko Janti pada tahun 2017 konsentrasi PM<sub>10</sub> melebihi baku mutu dengan nilai konsentrasi sebesar 160,1 µg/m<sup>3</sup> dan pada tahun 2018 konsentrasi PM<sub>10</sub> mengalami penurunan hingga mencapai nilai 139,9 µg/m<sup>3</sup>. Kemudian pada titik pemantauan depan kantor stasiun TVRI pada tahun 2017 konsentrasi PM<sub>10</sub> juga telah melebihi baku mutu dengan nilai konsentrasi sebesar 180 µg/m<sup>3</sup> dan pada tahun 2018 konsentrasi PM<sub>10</sub> mengalami penurunan di angka 113,6 µg/m<sup>3</sup>. Berbeda dengan titik pemantauan sebelumnya, titik pemantauan yang

berada di simpang empat Deggung pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  melebihi baku mutu. Pada tahun 2017 konsentrasi  $PM_{10}$  di titik simpang empat Deggung mencapai angka  $169,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada tahun 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  mencapai angka  $186 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berikutnya titik pemantauan depan kampus UPN Veteran pada tahun 2017 hingga 2018 juga lebih baku mutu. Konsentrasi  $PM_{10}$  di titik depan kampus UPN Veteran pada tahun 2017 sebesar  $186,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dan pada tahun 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  sebesar  $158,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kemudian pada titik perumahan fakultas Teknik UGM di tahun 2017 konsentrasi  $PM_{10}$  melebihi baku mutu dengan nilai konsentrasi sebesar  $295,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dibandingkan dengan tahun 2016 dan tahun 2018 di titik perumahan fakultas Teknik UGM, tahun 2017 konsentrasi  $PM_{10}$  nya merupakan konsentrasi tertinggi dibandingkan titik lainnya dan nilai konsentrasi tersebut telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Berikutnya pada titik depan GKBI Medari di tahun 2017 nilai konsentrasi  $PM_{10}$  melebihi baku mutu yaitu sebesar  $171,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Berdasarkan dari data pemantauan dan kondisi tersebut diperlukan adanya pengelolaan lingkungan yang tepat, agar konsentrasi pencemar menurun dan tidak melebihi baku mutu.

#### 4.5 Korelasi faktor meteorologi dengan konsentrasi PM<sub>10</sub>



Gambar 4. 10 Faktor Meteorologi

Berdasarkan dari faktor meteorologi yang telah dijelaskan, ada beberapa faktor meteorologi yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan konsentrasi PM<sub>10</sub>. Pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi PM<sub>10</sub> mengalami penurunan dan data curah hujan juga mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2017 hingga 2018 curah hujan di Kabupaten Sleman melebihi >150 mm yaitu 211,9 mm sehingga konsentrasi PM<sub>10</sub> pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Penjelasan tersebut didukung oleh penelitian milik Intan Agustine (2017) bahwa apabila nilai curah hujan cenderung tinggi, konsentrasi pencemar pada udara ambien justru menurun. Hal tersebut dikarenakan pencemar pada udara ambien terbawa dan terbilas masuk ke dalam air hujan. Sehingga dari data perbandingan diatas menunjukkan adanya korelasi antara penurunan PM<sub>10</sub> dengan intensitas curah hujan. Kemudian faktor meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi PM<sub>10</sub> adalah

kelembaban udara. Berdasarkan pada gambar 4.7 dapat dilihat nilai kelembaban udara pada tahun 2017 hingga 2018 tergolong tinggi yaitu 84% - 85% . Menurut penelitian milik Budianto (2008) menyebutkan bahwa suatu keadaan udara dapat dikatakan mempunyai kadar kelembaban yang tinggi, apabila telah mencapai di atas angka 45% - 50%. Hal tersebut yang mengakibatkan konsentrasi  $PM_{10}$  pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Cahyadi et al (2016) menyebutkan bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  memiliki hubungan keterbalikan dengan kelembapan udara, karena kelembapan udara yang rendah memiliki keadaan udara yang kering sehingga kondisi tersebut dapat meningkatkan konsentrasi partikulat dan apabila kelembapan udara yang tinggi memiliki keadaan udara yang basah. Faktor meteorologi yang terakhir yang mempengaruhi konsentrasi  $PM_{10}$  di Kabupaten Sleman adalah kecepatan angin. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sofiati (2013) menyebutkan bahwa konsentrasi maksimum  $PM_{10}$  terjadi ketika kecepatan angin kecepatan angin rendah. Dan konsentrasi  $PM_{10}$  minimum terjadi Ketika kecepatan angin tinggi. Hal tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Holst, J (2008) dan Dwi, dkk (2014) yang menyebutkan bahwa angin sebagai media persebaran polutan merupakan faktor meteorologi yang dapat memperbesar atau memperkecil konsentrasi  $PM_{10}$ . Kecepatan angin mempengaruhi tingkat konsentrasi  $PM_{10}$ . Apabila kecepatan angin tinggi, konsentrasi  $PM_{10}$  akan tersebar secara merata sehingga menurunkan konsentrasinya. Namun apabila kecepatan angin rendah  $PM_{10}$  tidak tersebar dan menumpuk di satu lokasi sehingga konsentrasinya meningkat. Berdasarkan pada gambar 4.8 kecepatan angin berkorelasi dengan peningkatan  $PM_{10}$  hanya pada tahun 2017, dikarenakan nilai kecepatan angin pada tahun 2017 hanya sebesar 0,9 m/s dan nilai konsentrasi  $PM_{10}$  sebesar  $198,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 4.6 Hasil Kuisisioner

### 4.5.1 Waktu Paparan

Waktu paparan ( $t_E$ ) ditentukan berdasarkan data kuisisioner yang dilakukan secara langsung terhadap pedagang. Untuk waktu jam kerja pedagang memiliki rentang waktu yang berbeda-beda. Untuk pedagang memiliki waktu jam kerja dengan rentang waktu 6 jam hingga 9 jam.

### 4.5.2 Frekuensi Paparan

Frekuensi paparan ( $f_e$ ) merupakan perhitungan jumlah hari kerja dalam setahun oleh pedagang yang mempunyai korelasi dengan paparan yang diterima oleh pedagang dan satpam. Setiap pedagang mempunyai hari kerja yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan hari kerjanya ditentukan oleh pedagang itu sendiri. Sehingga dalam setahun rata-rata jumlah hari kerja para pedagang adalah 312 hari.

### 4.5.3 Durasi Paparan

Durasi paparan merupakan lama pedagang bekerja atau berdagang dalam hitungan tahun. Durasi lama bekerja digunakan untuk menghitung paparan secara *realtime*. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan pedagang tersebut mulai bekerja hingga pada saat pengambilan data responden pada bulan Oktober 2020 hingga November 2020. Sedangkan untuk menghitung paparan *lifetime* menggunakan 30 tahun berdasarkan dengan *default residential* dari US-EPA.

### 4.5.4 Keluhan Penyakit

Pada setiap lokasi penelitian para pedagang memiliki beberapa keluhan penyakit yang dirasakan. Berikut tabel yang menyajikan keluhan penyakit tersebut:

Tabel 4. 5 Keluhan Penyakit

Keluhan	Jumlah Responden	Presentase (%)
Batuk Kronik (sulit disembuhkan)	3	9,38
Sesak nafas saat melakukan aktifitas normal	10	31,3
Bengkak pada pergelangan kaki	0	0,0
Siniosis pada kuku maupun bibir	0	0,0
Mudah lelah	18	56,3

Keluhan	Jumlah Responden	Presentase (%)
Mengi	8	25,0
Hidung tersumbat	1	3,1
Sakit kepala	6	18,8
Pilek	5	15,6
Bersin	8	25,0

Sumber: Data primer, 2020.

Berdasarkan dari data yang telah didapatkan, kebanyakan para pedagang mengalami keluhan mudah lelah sebanyak 56,3%, serta gejala-gejala seperti yang ditampilkan oleh tabel diatas. Untuk keluhan hidung tersumbat, sakit kepala, pilek, dan bersin biasanya merupakan keluhan yang biasa dirasakan dan dengan jangka waktu yang sebentar. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh perubahan musim yang tidak menentu dalam periode ini. Namun ada beberapa responden yang memiliki potensi terkena penyakit peradangan pada paru-paru.

#### **4.7 Analisis Risiko PM<sub>10</sub>**

Untuk mengetahui risiko kesehatan yang diakibatkan oleh PM<sub>10</sub> maka perlu dilakukan studi analisis risiko. Untuk menggunakan metode ini diperlukan beberapa informasi dalam perhitungan, seperti agen pajanan, antropometri dan pola aktivitas. Untuk data antropometri dan pola aktivitas didapatkan berdasarkan dengan kajian lapangan dan wawancara yang telah dilakukan.

##### **4.6.1 Konsentrasi Pajanan**

Pada penelitian ini menggunakan data konsentrasi pajanan yang merupakan hasil pemantauan dari BLH Provinsi DIY. Data yang digunakan merupakan data konsentrasi PM<sub>10</sub> di setiap lokasi pemantauan pada tahun 2018 karena data tersebut merupakan data paling terbaru.

##### **4.6.2 Analisis Dosis Respon**

Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesi, untuk makanan dan minuman) yang disebut RfD dan untuk pajanan inhalasi (udara) yang disebut reference concentration (RfC). Dalam analisis dosis-respon, dosis dinyatakan sebagai risk agent yang terhirup (inhaled), tertelan (ingested) atau terserap melalui kulit (absorbed) per kg berat badan per hari (mg/kg/hari) (US EPA, 1997). Nilai RfC didapatkan berdasarkan perhitungan pembagian NOAEL (*No*

*Observed Adverse Effect Level*) dengan UF (*Uncertainty Factor*) dan MF (*Modifying Factor*). Sedangkan dalam penelitian ini tidak menggunakan perhitungan dikarenakan nilai RfC untuk PM<sub>10</sub> sudah ditentukan oleh US-EPA sebesar 0,014 mg/kg/hari (Nukman *et al.*, 2005). Untuk nilai RfC digunakan sebagai perhitungan menentukan karakteristik risiko.

#### 4.6.3 Analisis Pemajanan PM<sub>10</sub>

Untuk memperkirakan jumlah pajanan PM<sub>10</sub> yang masuk ke dalam tubuh pedagang dibutuhkan analisis pemajanan PM<sub>10</sub>. Perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_E}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

I = Asupan (*intake*), mg/kg/hari

C = Konsentrasi *risk agent*, mg/M<sup>3</sup> untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan.

R = Laju asupan atau konsumsi, M<sup>3</sup>/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan

t<sub>E</sub> = Waktu pajanan

f<sub>E</sub> = Frekuensi pajanan

D<sub>t</sub> = Durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai default residensial)

W<sub>b</sub> = Berat badan

t<sub>avg</sub> = Periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Perhitungan intake PM<sub>10</sub> dibutuhkan untuk menentukan analisis pajanan yang masuk ke dalam tubuh pedagang. Data konsentrasi PM<sub>10</sub> yang digunakan berasal dari hasil pemantauan yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.



#### 4.6.3.1 Perhitungan Intake Paparan Non Karsinogenik

Analisis pemajanan bertujuan untuk mengetahui dosis risk agen PM<sub>10</sub> yang didapatkan tiap responden sebagai asupan atau *intake* (I). Perhitungan paparan non karsinogenik digunakan untuk menghitung efek non kanker yang diperkirakan terjadi pada pedagang ataupun satpam di lokasi titik pemantauan pada waktu *lifetime*. Berdasarkan dari data primer yang didapatkan berikut adalah contoh perhitungan salah satu pedagang yang bekerja selama 8 jam. Berikut contoh perhitungan *intake* yang digunakan:

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Diketahui: C = 0,1399 mg/m<sup>3</sup>      W<sub>b</sub> = 78 kg  
R = 0,83 m<sup>3</sup>/jam      t<sub>avg</sub> = 30 x 365 hari/tahun  
T<sub>E</sub> = 12 jam      D<sub>t</sub> = 10 tahun  
F<sub>E</sub> = 312 hari/tahun

$$I_{Realtime} = \frac{0,1399 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 m^3 \times 12 jam \times 312 \frac{hari}{tahun} \times 10 tahun}{78 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 0,0051 mg/kg/hari$$

$$I_{Lifetime} = \frac{0,1399 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 m^3 \times 12 jam \times 312 \frac{hari}{tahun} \times 30 tahun}{78 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 0,0153 mg/kg/hari$$

#### 4.6.3.2 Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ) untuk efek-efek non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik. RQ dihitung dengan membagi asupan non karsinogenik (Ink) *risk agent* dengan RfD atau RfC-nya (ATSDR, 1998). Berikut adalah perhitungan untuk RQ:

$$RQ = \frac{Ink}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Ink : *Intake* Non Karsinogenik (mg/kg/hari)

RfC : *Reference Concentration* (mg/kg/hari)

Menurut penelitian milik Sukadi (2014), menyebutkan bahwa paparan konsentrasi PM<sub>10</sub> dapat ditentukan dengan menghitung nilai *intake* sedangkan untuk mengetahui karakteristik risiko dapat digunakan perhitungan RQ. Namun untuk dampak karsinogenik pajanan PM<sub>10</sub> belum dapat diketahui karena PM<sub>10</sub> tidak memiliki nilai *Cancer Slope Factor* (CSF). Untuk nilai konsentrasi reference (RfC) PM<sub>10</sub> belum terdaftar pada *Integrated Risk Information System* (IRIS) maupun *Minimum Risk Level* (MRL), sehingga nilai konsentrasi reference PM<sub>10</sub> ditentukan berdasarkan baku primer *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) sebesar 150 µg/m<sup>3</sup> (*arithmetic mean* tahunan). Berdasarkan konsentrasi aman I = RfC artinya *intake* aman pada responden sebesar nilai RfC, dengan nilai *default* R= 0,83 m<sup>3</sup>/jam, t<sub>E</sub>= 24 jam/hari, f<sub>E</sub>= 350 hari/tahun, Wb= 70 kg, t<sub>avg</sub>= 365 hari/tahun. Maka nilai konsentrasi referensi (RfC) PM<sub>10</sub> adalah 0,014 mg/kg/hari (Ruslinda.dkk, 2015).

Sebagai contoh menggunakan perhitungan *intake* pada titik pemantauan depan ruko Janti sebagai berikut:

Diketahui  $I_{nk} \text{ Realtime} = 0,0051 \text{ mg/kg/hari}$

$I_{nk} \text{ Lifetime} = 0,0153 \text{ mg/kg/hari}$

$RfC = 0,014 \text{ mg/kg/hari}$

$$RQ \text{ realtime PM10} = \frac{0,0051 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}}{0,014 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}} = 0,36$$

$$RQ \text{ lifetime PM10} = \frac{0,0153 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}}{0,014 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}} = 1,09$$

Berdasarkan hasil perhitungan RQ, maka dapat diasumsikan sebagai berikut:

- a. Bila  $RQ < 1$ , maka konsentrasi *hazard* belum berisiko menimbulkan efek kesehatan non karsinogenik

- b. Bila  $RQ > 1$ , maka konsentrasi *hazard* sudah berisiko menimbulkan efek kesehatan non karsinogenik

Berdasarkan hasil perhitungan dengan konsentrasi *intake* di depan ruko Janti dengan asumsi terpapar adalah pedagang RQ *realtime* 0,36 dan RQ *lifetime* 1,09. Sedangkan untuk data karakteristik risiko responden lainnya disajikan pada tabel sebagai berikut:



Tabel 4. 6 Data Responden dan Analisis PM10

Nomor Responden	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m <sup>3</sup> )	Waktu Paparan / t <sub>E</sub> (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f <sub>E</sub> (hari/tahun)	Durasi Paparan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W <sub>b</sub> (kg)	Inhalation Rate/R	Realtime (mg/kg/hari)	Intake Lifetime (mg/kg/hari)	( RQ ) Realtime	Tingkat Resiko	( RQ ) Lifetime	Tingkat Resiko
DRJ1	0,1399	12	312	10	52	78	0,83	0,0051	0,0153	0,36	TB	1,09	B
DRJ2	0,1399	12	312	4	26	68	0,83	0,0023	0,0175	0,17	TB	1,25	B
DRJ3	0,1399	12	312	2	24	63	0,83	0,0013	0,0189	0,09	TB	1,35	B
DRJ4	0,1399	8	312	15	59	72	0,83	0,0055	0,0110	0,39	TB	0,79	TB
DRJ5	0,1399	8	312	15	55	70	0,83	0,0057	0,0113	0,41	TB	0,81	TB
DRJ6	0,1399	8	312	2	24	55	0,83	0,0010	0,0144	0,07	TB	1,03	B
DRJ7	0,1399	8	312	20	58	73	0,83	0,0073	0,0109	0,52	TB	0,78	TB
DRJ8	0,1399	8	312	4	21	52	0,83	0,0020	0,0153	0,15	TB	1,09	B
DRJ9	0,1399	8	312	15	49	65	0,83	0,0061	0,0122	0,44	TB	0,87	TB
DRJ10	0,1399	8	312	15	52	69	0,83	0,0058	0,0115	0,41	TB	0,82	B
DRJ11	0,1399	8	312	6	23	54	0,83	0,0029	0,0147	0,21	TB	1,05	B
DKST1	0,1136	8	312	2	22	60	0,83	0,0007	0,0107	0,05	TB	0,77	TB
DKST2	0,1136	6	312	12	52	74	0,83	0,0026	0,0065	0,19	TB	0,47	TB
DKST3	0,1136	8	312	3	27	67	0,83	0,0010	0,0096	0,07	TB	0,69	TB
DKST4	0,1136	8	312	2	25	67	0,83	0,0006	0,0096	0,05	TB	0,69	TB
DKST5	0,1136	8	312	2	24	54	0,83	0,0008	0,0119	0,06	TB	0,85	TB
DKST6	0,1136	8	312	2	24	52	0,83	0,0008	0,0124	0,06	TB	0,89	TB
SED1	0,186	8	312	3	27	60	0,83	0,0018	0,0176	0,13	TB	1,26	B
SED2	0,186	12	312	3	25	62	0,83	0,0026	0,0255	0,18	TB	1,82	B
SED3	0,186	8	312	8	28	55	0,83	0,0051	0,0192	0,37	TB	1,37	B
SED4	0,186	8	312	2	24	70	0,83	0,0010	0,0151	0,07	TB	1,08	B
SED5	0,186	7	312	8	49	78	0,83	0,0032	0,0118	0,23	TB	0,85	TB
SED6	0,186	8	312	5	30	82	0,83	0,0021	0,0129	0,15	TB	0,92	TB
SED7	0,186	9	312	18	54	72	0,83	0,0099	0,0165	0,71	TB	1,18	B
SED8	0,186	12	312	10	31	70	0,83	0,0075	0,0226	0,54	TB	1,62	B

Nomor Responden	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m <sup>3</sup> )	Waktu Paparan / t <sub>E</sub> (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f <sub>E</sub> (hari/tahun)	Durasi Paparan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W <sub>b</sub> (kg)	Inhalation Rate/R	Intake Realtime (mg/kg/hari)	Intake Lifetime (mg/kg/hari)	( RQ ) Realtime	Tingkat Resiko	( RQ ) Lifetime	Tingkat Resiko
DKUV1	0,1583	8	312	10	32	75	0,83	0,0040	0,0120	0,29	TB	0,86	TB
DKUV2	0,1583	8	312	5	26	72	0,83	0,0021	0,0125	0,15	TB	0,89	TB
DKUV3	0,1583	8	312	12	45	78	0,83	0,0046	0,0115	0,33	TB	0,82	TB
DKUV4	0,1583	8	312	6	28	70	0,83	0,0026	0,0128	0,18	TB	0,92	TB
DKUV5	0,1583	8	312	14	50	67	0,83	0,0063	0,0134	0,45	TB	0,96	TB
PFTU1	0,0914	6	312	5	42	73	0,83	0,0009	0,0053	0,06	TB	0,38	TB
PFTU2	0,0914	6	312	1	24	52	0,83	0,0002	0,0075	0,02	TB	0,53	TB
PFTU3	0,0914	8	312	12	46	75	0,83	0,0028	0,0069	0,20	TB	0,49	TB
PFTU4	0,0914	8	312	14	59	78	0,83	0,0031	0,0067	0,22	TB	0,48	TB
PFTU5	0,0914	8	312	14	53	68	0,83	0,0036	0,0076	0,25	TB	0,54	TB
PFTU6	0,0914	6	312	2	25	54	0,83	0,0005	0,0072	0,03	TB	0,51	TB
GKBI1	0,0852	12	312	17	51	71	0,83	0,0058	0,0102	0,41	TB	0,73	TB
GKBI2	0,0852	8	312	2	24	52	0,83	0,0006	0,0093	0,04	TB	0,66	TB
GKBI3	0,0852	6	312	20	59	73	0,83	0,0033	0,0050	0,24	TB	0,35	TB
GKBI4	0,0852	6	312	20	52	68	0,83	0,0036	0,0053	0,25	TB	0,38	TB
GKBI5	0,0852	9	312	15	54	72	0,83	0,0038	0,0076	0,27	TB	0,54	TB
GKBI6	0,0852	8	312	1	27	71	0,83	0,0002	0,0068	0,02	TB	0,49	TB
GKBI7	0,0852	8	312	22	55	68	0,83	0,0052	0,0071	0,37	TB	0,51	TB
GKBI8	0,0852	8	312	15	48	67	0,83	0,0036	0,0072	0,26	TB	0,52	TB
GKBI9	0,0852	8	312	20	51	65	0,83	0,0050	0,0074	0,35	TB	0,53	TB

B = Berisiko terkena efek kesehatan non karsinogenik

TB = Tidak berisiko terkena efek kesehatan non karsinogenik

Tabel 4. 7 Persentase nilai *Risk Quotient* (RQ) pajanan PM<sub>10</sub> di Kabupaten Sleman

	Risk Quotient	Jumlah		Total
		Orang	Persentase (%)	
RQ REALTIME	$RQ \leq 1$	45	100	45
	$RQ \geq 1$	0	0	
RQ LIFETIME	$RQ \leq 1$	37	82,2	45
	$RQ \geq 1$	8	17,8	

Untuk hasil *Risk Quotient* (RQ) dari PM<sub>10</sub> tidak menunjukkan adanya perhitungan *realtime* yang dimana  $RQ > 1$ . Tetapi untuk perhitungan *lifetime* terdapat 8 responden yang dimana  $RQ > 1$ .

#### 4.6.4 Estimasi Risiko Kesehatan Pajanan PM<sub>10</sub> Pada Responden Menggunakan Data Rata-Rata Responden

Estimasi risiko kesehatan responden digunakan untuk melihat apakah pajanan PM<sub>10</sub> berbahaya atau tidak berbahaya dengan menggunakan estimasi nilai rata-rata sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Nilai Rata-rata Sampel

Nomor	Nama Responden	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m <sup>3</sup> )	Waktu Pajanan / t <sub>E</sub> (jam/hari)	Frekuensi Pajanan / f <sub>E</sub> (hari/tahun)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Berat Badan / W <sub>b</sub> (kg)	Inhalation Rate/R
1	Depan Ruko Janti	0,1399	9	312	10	65	0,5
2	Depan Kantor Stasiun TVRI	0,1136	8	312	4	62	0,4
3	Simpang Empat Deggung	0,186	9	312	7	69	0,5
4	Depan Kampus UPN Veteran	0,1583	8	312	9	72	0,5
5	Perumahan Fakultas Teknik UGM	0,0914	7	312	8	67	0,5
6	Depan GKBI Medari	0,0852	8	312	15	67	0,6

Sumber: Data primer, 2020.

Data tersebut merupakan data yang diambil pada setiap lokasi pemantauan. Sedangkan untuk Dt atau durasi pajanan menggunakan nilai *default* dari US-EPA karena untuk lama bekerja secara pasti belum diketahui. Sedangkan untuk data laju inhalasi menggunakan data rata-rata setiap responden. Untuk mengetahui estimasi risiko dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$I \text{ Realtime} = \frac{0,1399 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,5 \text{ m}^3 \times 10 \text{ jam} \times 312 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 8 \text{ tahun}}{68 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$= 0,002 \text{ mg/kg/hari}$$

$$I \text{ Lifetime} = \frac{0,1399 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,5 \text{ m}^3 \times 10 \text{ jam} \times 312 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{68 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$= 0,009 \text{ mg/kg/hari}$$

Kemudian dilakukan perhitungan karakteristik risiko atau *Risk Quotient* (RQ) sebagai berikut:

$$RQ \text{ realtime PM}_{10} = \frac{0,002 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} / \text{hari}}{0,014 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} / \text{hari}} = 0,2$$

$$RQ \text{ lifetime PM}_{10} = \frac{0,009 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} / \text{hari}}{0,014 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} / \text{hari}} = 0,6$$

Secara keseluruhan perhitungan disetiap lokasi dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Estimasi Risiko Kesehatan PM10

Lokasi Penelitian	<i>Intake</i> ( <i>Realtime</i> )	<i>Intake</i> ( <i>Lifetime</i> )	<i>RQ</i> ( <i>Realtime</i> )	<i>RQ</i> ( <i>Lifetime</i> )
Depan Ruko Janti	0,003	0,008	0,2	0,6
Depan Kantor Stasiun TVRI	0,001	0,005	0,05	0,4
Simpang Empat Denggung	0,002	0,010	0,2	0,7
Depan Kampus UPN Veteran	0,002	0,007	0,2	0,5
Perumahan Fakultas Teknik UGM	0,001	0,004	0,1	0,3
Depan GKBI Medari	0,002	0,005	0,2	0,3

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan data perhitungan estimasi risiko, nilai *Risk Quotient* (RQ) untuk *realtime* dan *lifetime* secara keseluruhan RQ < 1.

#### 4.6.5 Manajemen Risiko Non Karsinogen

Berdasarkan perhitungan RQ *lifetime* di depan Ruko Janti diketahui untuk pedagang memiliki risiko karena nilai RQ > 1. Hal tersebut diakibatkan pedagang tersebut mempunyai kebiasaan merokok dan memiliki beberapa keluhan penyakit. Pedagang tersebut mempunyai intensitas merokok yang cukup tinggi. Maka dari itu perlu dilakukannya pengendalian atau manajemen risiko untuk menurunkan risiko. Untuk mengetahui batas aman *intake* dari konsentrasi PM<sub>10</sub>, maka dapat dilakukan menggunakan rumus perhitungan berikut:

$$C_{aman} = \frac{Wb \times tavg \times RfC}{R \times tE \times fE \times Dt} \quad (4.3)$$

Dengan perhitungan



$$C_{\text{aman}} = \frac{65 \times 10950 \times 0,014}{0,5 \times 9 \times 312 \times 30} = 0,2 \text{ mg/m}^3$$

Maka didapat nilai konsentrasi aman (maksimum) untuk PM<sub>10</sub> dengan rata-rata berat badan 60 kg dengan lama pajanan 9 jam yaitu sebesar 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

Menurut Yessi *et al.* (2001) adapun cara lain dalam manajemen risiko yaitu dengan mengontrol bahaya. Untuk mengontrol bahaya dapat dilakukan dengan cara mengontrol pada sumber, kontrol pada lingkungan serta pada target yang terpapar.

Adapun perhitungan manajemen risiko dengan mencari waktu pajanan ( $t_E$ ) aman (maksimum) sebagai berikut:

$$tE = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{Cx \times Rx \times Dtx \times fE} \quad (4.4)$$

$$tE = \frac{0,014 \times 65 \times 10950}{0,1399 \times 0,5 \times 30 \times 312} = 6 \text{ jam/hari}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dengan menggunakan konsentrasi tertinggi / maksimum didapatkan nilai  $t_E$  aman sebesar 6 jam/hari. Atau dapat diartikan untuk kondisi aman, lama kerja setiap harinya hanya selama 6 jam untuk 30 tahun ke depan.

Selain itu adapun perhitungan manajemen risiko dengan mencari frekuensi pajanan ( $f_E$ ) aman (maksimum) sebagai berikut:

$$fE = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{Cx \times Rx \times Dtx \times tE} \quad (4.5)$$

$$fE = \frac{0,014 \times 65 \times 10950}{0,1399 \times 0,5 \times 30 \times 9} = 23 \text{ hari/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dengan menggunakan konsentrasi tertinggi didapatkan nilai  $f_E$  aman sebesar 23 hari/tahun. Atau dapat diartikan untuk kondisi aman, waktu pajanan setiap tahunnya selama 23 hari/tahun

#### 4.6.6 Pembahasan

Perbandingan antara PM<sub>10</sub> dengan jumlah kendaraan yang ada di Kabupaten Sleman mengalami penurunan yang sangat signifikan. dapat diketahui bahwa pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena pada tahun 2017 pemerintah mulai menerapkan standart emisi Euro-4 bagi kendaraan bermotor. Berdasarkan dari faktor meteorologi yang telah dijelaskan,

ada beberapa faktor meteorologi yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan konsentrasi PM<sub>10</sub>. Pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi PM<sub>10</sub> mengalami penurunan dan data curah hujan juga mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2017 hingga 2018 curah hujan di Kabupaten Sleman melebihi >150 mm yaitu 211,9 mm sehingga konsentrasi PM<sub>10</sub> pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Kemudian faktor meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi PM<sub>10</sub> adalah kelembaban udara. Nilai kelembapan udara pada tahun 2017 hingga 2018 tergolong tinggi yaitu 84% - 85% . Menurut penelitian milik Budianto (2008) menyebutkan bahwa suatu keadaan udara dapat dikatakan mempunyai kadar kelembaban yang tinggi, apabila telah mencapai di atas angka 45% - 50%. Hal tersebut yang mengakibatkan konsentrasi PM<sub>10</sub> pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan.

Analisis risiko lingkungan di Kabupaten Sleman terhadap pedagang ataupun satpam diketahui dari perhitungan menggunakan data rata-rata responden nilai RQ < 1. Dengan nilai RQ *lifetime* masing-masing lokasi yaitu depan ruko Janti nilai RQ sebesar 0,5 ,kemudian untuk lokasi depan kantor stasiun TVRI nilai RQ sebesar 0,4 ,untuk lokasi simpang empat Denggung nilai RQ sebesar 0,7 ,untuk lokasi depan kampus UPN Veteran nilai RQ sebesar 0,5 ,untuk lokasi perumahan fakultas teknik UGM nilai RQ sebesar 0,3 ,dan untuk lokasi depan GKBI Medari nilai RQ sebesar 0,3. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa lokasi titik pemantauan yang berada di Kabupaten Sleman nilai RQ < 1 atau tidak berisiko terkena efek kesehatan non karsinogenik.

Setelah dilakukan percobaan *trial and error* pada salah satu pedagang yang memiliki nilai RQ > 1 , pedagang tersebut akan mengalami efek kesehatan non karsinogenik apabila pedagang tersebut berdagang selama 38 tahun. Sehingga pedagang yang berada di lokasi titik penelitian, terutama lokasi depan ruko Janti yang bekerja hingga 38 tahun akan terpapar oleh pajanan PM<sub>10</sub> dan akan mengalami efek kesehatan non karsinogenik tersebut.

Berdasarkan perhitungan *trial and error* yang didapatkan, apabila masyarakat Kabupaten Sleman terkhusus responden dalam penelitian ini pedagang yang terpapar pajanan PM<sub>10</sub> selama 38 tahun akan mengalami beberapa gangguan

pernapasan. Menurut WHO (2011), efek kesehatan dari paparan PM<sub>10</sub> dalam waktu singkat dapat mempengaruhi radang paru-paru, ISPA (Infeksi saluran pernapasan atas), gangguan pada sistem kardiovaskuler, bahkan hingga mengalami kematian. Sementara dalam jangka panjang PM<sub>10</sub> dapat meningkatkan gejala gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru pada anak-anak, peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa, penurunan rata-rata tingkat harapan hidup terutama kematian yang diakibatkan oleh penyakit *cardiopulmonary* dan probabilitas kejadian kanker paru-paru (Nurjanah, 2014). WHO (2014) juga menyebutkan bahwa di seluruh dunia PM<sub>10</sub> menyebabkan sekitar 16% kematian akibat kanker paru-paru, 11% kematian akibat penyakit paru obstruktif kronis, dan lebih dari 20% akibat penyakit jantung iskemik dan *stroke* (Sugiarti, 2009).

Menurut penelitian milik Faridawati (1995), menyebutkan bahwa beberapa orang yang terpajan dengan debu dalam waktu dan konsentrasi yang sama akan menunjukkan akibat yang berbeda. Dengan perbedaan lama kerja akan berhubungan dengan pajanan atau paparan terhadap bahan pencemar, atau bahan-bahan yang berisiko terhadap gangguan saluran pernafasan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Johanson (2000), menyatakan pekerja yang berhubungan dengan debu yang mempunyai lama kerja selama > 8 jam dalam sehari, akan terkena penyakit saluran pernafasan sebesar 80%.

Pajanan partikel debu yang masuk melalui inhalasi di saluran pernafasan akan menyebabkan berbagai gangguan fungsi paru sesuai dengan ukuran partikel debu tersebut. Partikel debu tersebut akan tertimbun di saluran pernafasan sesuai dengan sifat kimia, biologi, maupun fisika debu tersebut. Berdasarkan *United States Enviromental Protection Agent* (US-EPA), partikulat juga berhubungan dengan peningkatan kejadian asma, pneumonia, *bronchitis*, *chronic obstructive pulmonary disease*, gangguan saluran pernafasan atas dan bawah, menurunkan fungsi paru, dan meningkatkan insiden rhinitis.

Untuk langkah-langkah untuk menurunkan konsentrasi pajanan PM<sub>10</sub> yaitu dengan cara melakukan pengaturan arah lalu lintas agar tidak terlalu padat atau menumpuk pada satu jalur jalan (Sugiarta, 2008). Upaya tersebut untuk mencegah

emisi yang bertumpuk pada suatu titik sehingga nilai konsentrasi pencemar pada udara ambien masih memenuhi baku mutu yang ada. Kemudian dengan melakukan pengaturan jam kerja yang berbeda-beda bagi tiap instansi. Upaya tersebut untuk mengurangi jumlah kendaraan bermotor yang ada. Hal tersebut dibutuhkan suatu regulasi yang mendukung agar upaya ini tercapai. Kemudian dengan cara meningkatkan hari bebas kendaraan bermotor. Upaya ini dilakukan agar emisi yang dihasilkan ke udara berkurang. Kemudian dengan melakukan uji emisi pada semua kendaraan umum serta pribadi. Upaya ini agar dapat mengetahui emisi yang dihasilkan dari kendaraan tersebut dan juga sebagai pengecekan batasan umum kendaraan yang layak operasi (maksimal 10 tahun dari tahun produksi pertama). Agar upaya tersebut tercapai, dibutuhkan regulasi yang ketat dan mengikat. Kemudian dengan cara reboisasi guna menekan pencemaran udara yang terjadi pada suatu kota. Tanaman pepohonan pada ruang terbuka hijau mampu menahan angin dan memfiltrasi polusi serta debu yang ada (Saraswati, 2008). Selain itu, ruang terbuka hijau juga mempunyai potensi untuk menciptakan iklim mikro dengan meningkatkan oksigen udara, menurunkan suhu dengan keteduhan dan kesejukan tanaman, serta meredam kebisingan. Adapun cara selain dengan reboisasi yaitu, fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan cara dengan penggunaan tanaman hijau untuk memindahkan, menyerap, dan atau mengakumulasi serta mengubah zat kontaminan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya. Cara ini mempunyai banyak keuntungan bagi lingkungan yaitu, dengan menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat kandungan toksiknya, lebih bersahabat dengan lingkungan serta lebih ekonomis. Adapun tanaman yang cocok dan efektif untuk menekan konsentrasi PM<sub>10</sub> seperti pohon angkana (*Pterocarpus indicus*), pohon ketapang (*Terminal catappa*), dan pohon mahoni (*Swietenia mahagoni*). Hal ini dikarenakan pohon tersebut memiliki daun yang lebar dan partikel pada akan menempel pada permukaan daun, khususnya yang berbulu dan permukaannya kasar. Sebagian partikel yang lain akan terserap masuk ke dalam ruang stomata daun.

Terdapat berbagai macam proses dan teknologi pengendalian emisi partikulat. Baku mutu udara emisi menunjukkan batas kadar yang diperbolehkan

bagi zat atau bahan pencemar untuk dikeluarkan dari sumber pencemar ke udara sehingga tidak mengakibatkan pencemaran. Untuk baku mutu udara emisi, pabrik-pabrik, industri yang ada dapat melakukan pencegahan dengan memasang alat pengendali pencemar (baik berupa gas maupun partikulat). Berdasarkan modul Pengendalian Emisi Partikulat dan Gas dari Fasilitas Wte milik Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan, Pemukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Bandung. Berikut merupakan alat pengendali pencemar yaitu, *Settling Chamber* yang mempunyai prinsip kerja menghilangkan partikel dengan menurunkan kecepatan gas untuk memungkinkan partikel mengendap karena adanya gaya gravitasi. Contoh pabrik yang menerapkan alat ini yaitu PT Semen Padang. Kemudian *Cyclone* yang mempunyai prinsip kerja memisahkan partikel padat dan gas dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dan gaya gravitasi didalam *cyclone separator*. Alat ini digunakan sebagai pengumpul awal sebelum alat pengendali partikulat efisien tinggi lainnya. Alat ini dapat ditemukan pada boiler kayu dan boiler PLTU. Kemudian ada alat *Wet Scrubber* yang prinsip kerjanya membawa arus gas yang mengandung partikel dibawa menuju kontak langsung dengan cairan dengan cara disemprotkan, dialirkan, atau metode kontak lainnya. Alat ini pernah digunakan pada pabrik pupuk dan pabrik gula. Yang terakhir ada alat *Electrostatic Precipitator* yang mempunyai prinsip kerja memanfaatkan medan listrik voltase tinggi untuk memberikan muatan listrik terhadap partikulat. Partikulat yang bermuatan akan tertarik oleh plat yang bermuatan berlawanan sehingga terakumulasi kedalam hopper. Alat ini digunakan pada boiler PLTU serta industri *pulp* dan *paper*.

#### **4.6.6 Komunikasi Risiko**

Berdasarkan dengan hasil pemantauan yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi DIY, maka disarankan untuk dinas terkait dapat melakukan rekayasa teknik, kontrol administrasi sebagai pihak penentu kebijakan dan APD. Rekayasa teknik atau *Engineering Control* bisa dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman dengan melakukan penanaman pohon di

beberapa sektor wilayah yang memiliki potensi pencemaran udara tinggi. Diketahui penelitian milik Alerich (1995) di dalam Syamsuedin (2010), tanaman dapat mengurangi polutan partikel. Dimana partikel padat yang tersuspensi di lapisan biosfer akan dibersihkan oleh tajuk pohon melalui serapan. Sehingga dengan mekanisme tersebut akan mengurangi jumlah debu yang melayang di udara. Selain itu yang dapat dilakukan berupa *administrative control* yaitu berupa pengeluaran regulasi yang mendukung pengelolaan lingkungan hidup untuk mengurangi faktor risiko juga. Adapun regulasi yang mungkin bisa diterapkan adalah terkait emisi kendaraan bermotor, rekayasa lalu-lintas serta regulasi yang menaungi pedagang yang ada di Kabupaten Sleman dengan tetap mengindahkan pendataan dan kesehatan bagi pedagang tersebut. Untuk APD yang dapat dilakukan untuk pedagang dan satpam adalah menggunakan masker.

#### **4.6.7 Risiko kesehatan akibat pajanan PM<sub>10</sub>**

Berdasarkan perhitungan *trial and error* yang didapatkan, apabila masyarakat Kabupaten Sleman terkhusus responden dalam penelitian ini baik pedagang maupun satpam yang terpapar pajanan PM<sub>10</sub> selama 38 tahun akan mengalami beberapa gangguan pernapasan. Menurut WHO (2011), efek kesehatan dari paparan PM<sub>10</sub> dalam waktu singkat dapat mempengaruhi radang paru-paru, ISPA (Infeksi saluran pernapasan atas), gangguan pada sistem kardiovaskuler, bahkan hingga mengalami kematian. Sementara dalam jangka panjang PM<sub>10</sub> dapat meningkatkan gejala gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru pada anak-anak, peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa, penurunan rata-rata tingkat harapan hidup terutama kematian yang diakibatkan oleh penyakit *cardiopulmonary* dan probabilitas kejadian kanker paru-paru (Nurjanah, 2014). WHO (2014) juga menyebutkan bahwa di seluruh dunia PM<sub>10</sub> menyebabkan sekitar 16% kematian akibat kanker paru-paru, 11% kematian akibat penyakit paru obstruktif kronis, dan lebih dari 20% akibat penyakit jantung iskemik dan *stroke* (Sugiarti, 2009).

Menurut penelitian milik Faridawati (1995), menyebutkan bahwa beberapa orang yang terpajan dengan debu dalam waktu dan konsentrasi yang sama akan menunjukkan akibat yang berbeda. Dengan perbedaan lama kerja akan

berhubungan dengan pajanan atau paparan terhadap bahan pencemar, atau bahan-bahan yang berisiko terhadap gangguan saluran pernafasan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Johanson (2000), menyatakan pekerja yang berhubungan dengan debu yang mempunyai lama kerja selama > 8 jam dalam sehari, akan terkena penyakit saluran pernafasan sebesar 80%.

*World Health Organization* (WHO) mengestimasi partikulat (PM) mempunyai kontribusi terhadap 800.000 kasus kematian dini setiap tahunnya, dan 6,4 juta jiwa kehilangan hidup yang sehat (Brauer, dkk, 2012). Menurut penelitian milik Kim, dkk (2014) menyebutkan bahwa semakin kecil ukuran partikel, maka semakin besar kemampuan partikel tersebut untuk menembus ke saluran pernafasan dalam. Menurut WHO, PM<sub>10</sub> termasuk partikel yang mudah terhirup karena ukurannya yang cukup kecil untuk dapat masuk ke area *thoracic* dari sistem saluran pernafasan dengan waktu paparan jangka pendek (jam, hari) maupun paparan dalam jangka panjang (bulan, tahun). Efek paparan dari pajanan PM<sub>10</sub> diantaranya; gangguan pernafasan dan kardiovaskular seperti asma, juga dapat menyebabkan kematian akibat penyakit jantung dan kanker paru-paru.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Perbandingan antara  $PM_{10}$  dengan jumlah kendaraan yang ada di Kabupaten Sleman mengalami penurunan yang sangat signifikan. dapat diketahui bahwa pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena pada tahun 2017 pemerintah mulai menerapkan standart emisi Euro-4 bagi kendaraan bermotor. Berdasarkan dari faktor meteorologi yang telah dijelaskan, ada beberapa faktor meteorologi yang mempengaruhi peningkatan dan penurunan konsentrasi  $PM_{10}$ . Pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi  $PM_{10}$  mengalami penurunan dan data curah hujan juga mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan pada tahun 2017 hingga 2018 curah hujan di Kabupaten Sleman melebihi  $>150$  mm yaitu 211,9 mm sehingga konsentrasi  $PM_{10}$  pada tahun 2017 hingga 2018 mengalami penurunan. Kemudian faktor meteorologi yang mempengaruhi konsentrasi  $PM_{10}$  adalah kelembaban udara. Nilai kelembaban udara pada tahun 2017 hingga 2018 tergolong tinggi yaitu 84% - 85% .
2. Berdasarkan perhitungan *trial and error* yang telah didapatkan, , apabila masyarakat Kabupaten Sleman terkhusus responden dalam penelitian ini pedagang yang terpapar pajanan  $PM_{10}$  selama 38 tahun akan mengalami risiko kesehatan berupa gangguan pernapasan. Efek paparan dari  $PM_{10}$  diantaranya; gangguan pernafasan dan kardiovaskular seperti asma, juga dapat menyebabkan kematian akibat penyakit jantung dan kanker paru-paru.



## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah
  - a. Melakukan penambahan lokasi pemantauan kualitas udara di beberapa titik yang memiliki potensi pencemaran tinggi di Kabupaten Sleman. Selain pada lokasi berpotensi memiliki pencemaran tinggi juga bisa dilakukan di titik pemantauan yang selesai dengan penggunaan lahannya seperti area parkir umum, sekolah, pasar, dan kawasan kuliner.
  - b. Melaksanakan manajemen risiko terhadap lokasi pemantauan yang konsentrasi  $PM_{10}$  tinggi dan kawasan tersebut padat.
2. Bagi pedagang dan satpam
  - a. Sebaiknya dalam bekerja menggunakan masker untuk mereduksi adanya risiko penurunan fungsi paru akibat polusi udara.
  - b. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan kesehatan rutin minimal 6 bulan sekali untuk mengetahui dan menjaga kondisi kesehatan
3. Bagi pengguna jalan
  - a. Merawat mesin kendaraan bermotor agar tetap baik seperti melakukan servis kendaraan secara berkala
  - b. Melakukan pengujian emisi secara berkala dan KIR kendaraan.
  - c. Memasang filter knalpot
4. Bagi peneliti selanjutnya
  - a. Penelitian lebih lanjut terkait analisis risiko  $PM_{10}$  di Kabupaten Sleman. Penelitian berikutnya dapat dilakukan lebih mendetail dengan populasi berdasarkan klasifikasi aktivitas sehari-hari seperti pada pelajar, pekerja kantoran, pedagang, maupun tukang ojek dengan sumber dan lokasi yang lebih mendetail dan memberikan dampak apa saja yang didapat akibat pajanan  $PM_{10}$  tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Gindo S., Budi Hari H. 2007. **Pengukuran Partikel Udara Ambien (TSP, PM10, PM2,5) di Sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemahabang**. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN.
- Agusnar. 2008. **Analisa Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran**. Medan: USU Press
- Aldrich, Tim E., and Jack Griffith. 1993. **Environmental Epidemiologi and Risk Assessment**. Van Nostrand Reinhold : New York
- Alves, C. A., et.all.2017.**Polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives (nitro-PAHs, oxygenated PAHs and azaarenes) in PM from Southern European cities**, *Science of the Total Environment*. 595:494-504
- The Agency of Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). **Public Health Assessment Guidance Manual**.  
(<http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHSManual/20toc.html>.2005)
- Badan Pusat Statistik.2017.**Kota Yogyakarta dalam Angka Tahun 2017**. Yogyakarta ; Haksoro
- Crawford M. 1980. **Air Pollution Control Quality**. Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dinas Pariwisata DIY.2018.**Statistika Kepariwisataaan 2018**. Yogyakarta
- Fardiaz Srikandi. 1992. **POLUSI AIR & UDARA**. Yogyakarta ; Kanisius
- Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 153 Tahun 2002 tentang **Baku Mutu Udara Ambien di Daerah Istimewa Yogyakarta**.
- Koren. 2003. **Handbook of Environmental Health Volume 2: Pollutant Interactions in Air, Soil and Water**. Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Louvar, F.L. 1998. **Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application volume 2**. New Jersey: Prentice Hall PTR
- National Research Council (NRC). **Risk Assessment in The Federal Government : Managing The Process**. (<http://www.nap.edu/catalog/366.html>)
- Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang **Pengendalian Pencemaran Udara**
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 12 Tahun 2010.
- Rahman, Abdur. 2007. **Bahan Ajar Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan (Program Intensif Tingkat Dasar)**. Depok: FK UI.
- Setiani, O dan Fikri, E. **Analisis Perbedaan Kapasitas Fungsi Paru Pada PKL Berdasarkan Kadar Debu Total Ambien di Jalan Nasional Kota Semarang Tahun 2010**. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia* 6.1. 2010.
- Sianturi, O. 2004. **Evaluasi Emisi Karbon Monoksida dan Partikel Halus dari Kendaraan Bermotor di Kota Semarang**. Tesis. Universitas Diponegoro
- Soedomo, M., 2001, **Pencemaran Udara ( Kumpulan karya ilmiah )**, ITB press, Bandung

- Standar Nasional Indonesia. 2005. **Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetric.**Jakarta.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2004. **Air Quality Criteria for Particulate Matter. Environmental Protection Agency.**
- Vallius Marko. 2005. **Characteristic and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air.** National Public Health Institute, Department of Environmental Health, Kuopio, Finland.
- Wijayanti, R. N. 2010. **Analisis Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Konsentrasi PM10.** Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Yanismai. 2003. **Hubungan antara Kepadatan Lalu Lintas dengan Kualitas Udara di Kota Padang.** Laporan Penelitian. Padang:UNP



## LAMPIRAN



Lampiran 1.







Lampiran 2.



Lampiran 3.



Lampiran 4.







Lampiran 5.



Lampiran 6.





Lampiran 7.



Lampiran 8.





Lampiran 9.



Lampiran 10.