

TA/TL/2020/1254

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAMPAK PAPARAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DI
KOTA YOGYAKARTA

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



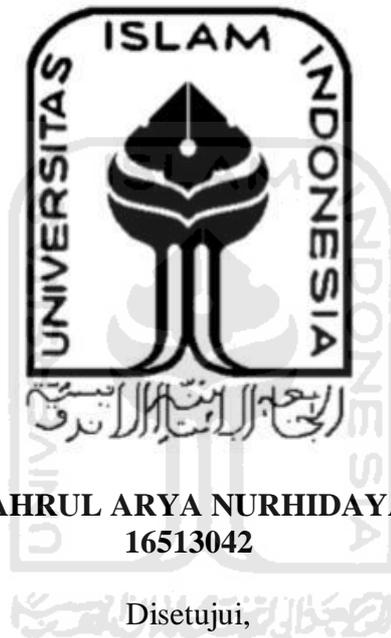
SYAHRUL ARYA NURHIDAYAT
16513042

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

2020

TUGAS AKHIR
**ANALISIS DAMPAK PAPARAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DI
KOTA YOGYAKARTA**

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



**SYAHRUL ARYA NURHIDAYAT
16513042**

Disetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Fina Binazir Maziyah, S.T., M.T.
NIK. 165131305
Tanggal: 27 November 2020

Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H.
NIK. 165131303

Tanggal: 12/12/2020



Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

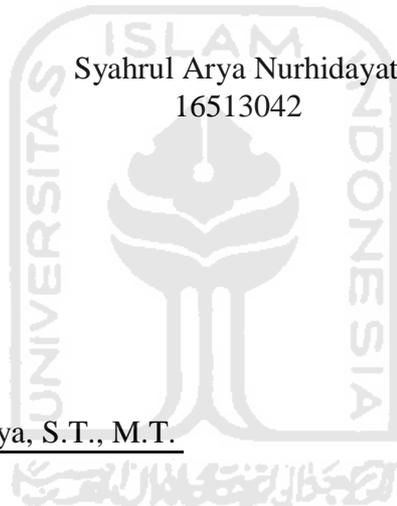
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 14 Desember 2020

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISIS DAMPAK PAPARAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DI
KOTA YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 27 November 2020

Disusun Oleh:



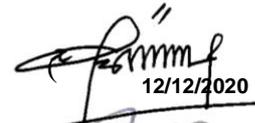
Tim Penguji :

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

Azham Umar Abidin, S.KM, MPH.

Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.

()
27 November 2020

()
12/12/2020

()
26 November 2020

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat 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 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, 12 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,



Syahrul Arya Nurhidayat

NIM: 16513042

PRAKATA

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 “ANALISIS KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DI KOTA YOGYAKARTA”. 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. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., dan Bapak Azham Umar Abidin, S.K.M., M.P.H., sebagai Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc., sebagai dosen Penguji 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. Rekan seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Alda, Afan Elvin yang senantiasa saling membantu dalam mengerjakan Tugas Akhir.
7. Riska Intan Putri orang yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas perkuliahan dan Tugas Akhir.
8. Teman seperjuangan selama di Jogja Farhan Farisky, Kurnia Adi Purnama, Richo Putra, dan teman-teman lainnya yang tidak dapat

disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu selama menimba ilmu di Jogja.

9. Teman di teknik lingkungan yang turut membantuk selama menimba ilmu di Program Studi Teknik Lingkungan, Fariz Abdi, Lazuardi Faiz, Ari Widyantoro, Saraswati Yola, Ahfi, Alfahmi Ristiano.

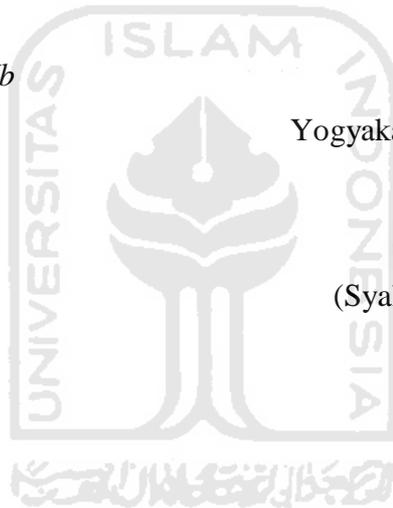
Kami menyadari laporan tugas akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.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

Wassalamualaikum Wr.Wb

Yogyakarta, (12 Desember 2020)



(Syahrul Arya Nurhidayat)



ABSTRAK

ANALISIS DAMPAK PAPARAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) DI KOTA YOGYAKARTA

Nurhidayat, Syahrul Arya¹. Maziya, Fina Binazir². Abidin, Aham Umar³

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia

Syahruldayat98@gmail.com¹/finabinazir@uii.ac.id²/azham.abidin@uii.ac.id³

Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia sebagai tujuan pendidikan, perkantoran hingga pariwisata sehingga lalu-lintas menjadi padat. Pedagang terutama yang berada dipinggir jalan dengan lokasi di depan hotel Tentrem, perempatan Mirota Kampus, depan hotel Matahari, depan hotel Saphir, depan pasar Bringharjo, depan kantor Kecamatan Jetis, jalan Sabirin Kota Baru, depan RS. PKU Muhammadiyah serta di depan PT. Jogjatex merupakan salah satu yang merasakan dampak dari polusi udara yang salah satu paparannya adalah PM₁₀. Dalam penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat pencemaran PM₁₀ di udara ambien Kota Yogyakarta serta melakukan analisis besaran risiko kesehatan paparan PM₁₀ pada pedagang. Data analisis ini diperoleh dari data Badan Lingkungan Hidup D.I Yogyakarta, wawancara dan pengisian kuesioner pada 35 responden. Data yang didapat dianalisis menggunakan metode analisis kuantitatif dengan membandingkan nilai *intake* dari pedagang dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) yang aman dari pajanan PM₁₀ untuk efek non karsinogenik. Hasil penelitian menunjukkan untuk perhitungan secara *realtime* dari 35 orang yang berisiko non karsinogenik sebanyak 4 orang dengan rincian 1 orang di PT. Jogjatex dan 3 orang di depan pasar Bringharjo. Sedangkan untuk efek non karsinogenik secara *lifetime* terdapat 21 orang berisiko dengan rincian 1 orang di PT. Jogjatex, 1 orang di depan hotel Matahari, 13 orang di depan pasar Bringharjo, 3 orang di depan RS. PKU Muhammadiyah, serta 3 orang di depan perempatan Mirota Kampus. Dari hasil tersebut bisa dinyatakan dengan konsentrasi PM₁₀ di 5 (lima) lokasi tersebut memiliki risiko dari paparan PM₁₀ sehingga diperlukan manajemen risiko seperti penggunaan masker, penanaman pohon, dan waktu berdagang.

Kata Kunci: ARKL, Kota Yogyakarta, Pedagang, PM₁₀.

ABSTRACT

ANALISYS OF THE IMPACT OF EXPOSURE PARTICULATE MATTER (PM₁₀) IN KOTA YOGYAKARTA

Nurhidayat, Syahrul Arya¹. Maziya, Fina Binazir². Abidin, Aham Umar³

Departement of Environtmental Engineering Universitas Islam Indonesia

Syahruldayat98@gmail.com¹/finabinazir@uii.ac.id²/azham.abidin@uii.ac.id³

Yogyakarta City is one of the big cities in Indonesia as a destination for education, offices, and tourism so that traffic becomes heavy. Traders, especially those on roadsides with locations at several points who feel the impact of air pollution, one of which is PM₁₀. This research was conducted to analyze the level of PM₁₀ pollution in the ambient air of Yogyakarta City and to analyze the amount of health risk exposure to PM₁₀ among traders. The data for this analysis were obtained from data from the Yogyakarta D.I. Environmental Agency, interviews, and questionnaires to 35 respondents. The data obtained were analyzed using quantitative analysis methods by comparing the intake value from the trader with the reference concentration value (RfC) that is safe from PM₁₀ exposure for non-carcinogenic effects. The results showed that for real-time calculation of 35 people who are at non-carcinogenic risk as many as 4 (11%) people and for the calculation of a lifetime as many as 21 (60%) people are at non-carcinogenic risk . From these results, it can be stated that the PM₁₀ concentration has risked so that required risk management such as wearing masks, tree planting, and trading time.

Keywords: Health Risk Analysis, PM₁₀, Traders, Yogyakarta City.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR ISI

PRAKATA	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pencemaran Udara	5
2.2 Sumber Pencemaran.....	5
2.3 Pengertian <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀).....	6
2.3.1 Bentuk <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀).....	7
2.3.2 Sifat <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀)	7
2.3.3 Sumber <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀).....	8
2.3.4 Dampak <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀) Terhadap Kesehatan dan Lingkungan.....	9
2.3.5 Pengukuran Kadar <i>Particulate Matter</i> (PM ₁₀).....	10
2.4 Sumber Pencemaran Udara di Wilayah Kota.....	11
2.5 Pengaruh Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara	12
2.6 Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan	13
2.6.1 Prinsip Dasar Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan	13
2.6.2 Analisa Pemajanan	14
2.7 Ketentuan Teknis Pemantauan Udara Ambien.....	15
2.8 Baku Mutu Udara Ambien	16

BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Jenis Penelitian dan Desain Penelitian.....	18
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian.....	19
3.4 Diagram Alir Analisis Data.....	21
3.5 Pengumpulan Data.....	21
3.6 Pengolahan dan Analisis Data.....	22
3.6.1 Analisis Univariat.....	22
3.6.2 Analisis Bivariat.....	23
3.6.3 Analisis Risiko PM ₁₀ Terhadap Kesehatan Pedagang.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Gambaran Umum Penelitian.....	26
4.1.1 Kependudukan.....	28
4.1.2 Transportasi.....	28
4.1.3 Beban Emisi Kendaraan Kota Yogyakarta.....	29
4.1.4 Industri.....	33
4.1.5 Meteorologi.....	34
4.2 Konsentrasi PM ₁₀ di Udara Ambien.....	35
4.2.1 Konsentrasi PM ₁₀ di Setiap Titik Pemantauan.....	37
4.3 Perbandingan PM ₁₀ dengan Kondisi di Lapangan.....	40
4.3.1 Kependudukan.....	40
4.3.2 Transportasi.....	41
4.3.3 Industri.....	42
4.3.4 Meteorologi.....	43
4.4 Perbandingan Konsentrasi PM ₁₀ dengan Baku Mutu Udara Ambien... 49	
4.5 Hasil Kuesioner.....	51
4.5.1 Waktu Paparan.....	51
4.5.2 Frekuensi Paparan.....	51
4.5.3 Durasi Paparan.....	52
4.5.4 Status Merokok.....	52
4.5.5 Keluhan Kesehatan.....	52

4.6	Analisa Risiko PM_{10}	53
BAB V Kesimpulan DAN saran		69
1.1	Kesimpulan.....	69
1.2	Saran.....	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Baku mutu <i>particulate matter</i> (PM ₁₀)	16
Tabel 3.1 Titik penelitian	19
Tabel 4.1 Data kependudukan Kota Yogyakarta.....	28
Tabel 4.2 Data jumlah kendaraan bermotor Kota Yogyakarta.....	29
Tabel 4.3 Beban emisi kendaraan bermotor Kota Yogyakarta	30
Tabel 4.4 Beban emisi kendaraan bermotor di perempatan Mirota Kampus 2018	30
Tabel 4.5 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Tentrem 2018.....	31
Tabel 4.6 Beban emisi kendaraan bermotor di depan RS. PKU Muhammadiyah 2018.....	31
Tabel 4.7 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Pasar Bringharjo 2018	31
Tabel 4.8 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Saphir 2018.....	32
Tabel 4.9 Beban emisi kendaraan bermotor di jalan Sabirin Kota Baru 2018.....	32
Tabel 4.10 Beban emisi kendaraan bermotor di depan PT. Jogjatex 2018	32
Tabel 4.11 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Matahari 2018.....	33
Tabel 4.12 Beban emisi kendaraan bermotor di depan PT. Jogjatex 2018	33
Tabel 4.13 Data jumlah industri Kota Yogyakarta.....	34
Tabel 4.14 Data meteorologi Kota Yogyakarta.....	34
Tabel 4.15 Konsentrasi PM ₁₀ di udara ambien.....	36
Tabel 4.16 Distribusi status merokok pedagang di seluruh lokasi penelitian	52
Tabel 4.17 Distribusi keluhan penyakit pedagang di seluruh lokasi penelitian	53
Tabel 4.18 Data responden dan perhitungan analisis risiko PM ₁₀ pada pedagang di Kota Yogyakarta	58
Tabel 4.19 Persentase nilai <i>risk quotient</i> (RQ) pajanan PM ₁₀ di Kota Yogyakarta	60
Tabel 4.20 Nilai Rata-rata Sampel.....	60
Tabel 4.21 Estimasi risiko kesehatan pajanan PM ₁₀	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian Udara	26
Gambar 4.2 Peta Persebaran Pemantauan PM ₁₀ Kota Yogyakarta	35
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi PM ₁₀	37
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan PM ₁₀ dengan Jumlah Kendaraan	42
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan PM ₁₀ dengan Jumlah Industri	43
Gambar 4.7 Perbandingan PM ₁₀ dengan Suhu	44
Gambar 4.8 Perbandingan PM ₁₀ dengan Curah Hujan	45
Gambar 4.9 Perbandingan PM ₁₀ dengan Kelembaban Udara	46
Gambar 4.10 Perbandingan PM ₁₀ dengan Tekanan Udara.....	47
Gambar 4.11 Perbandingan PM ₁₀ dengan Kecepatan Angin	48
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan dengan Baku Mutu 2016.....	49
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan dengan Baku Mutu 2017	50
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan dengan Baku Mutu 2018.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Konsentrasi PM ₁₀ di Kota Yogyakarta.....	78
Lampiran 2. Kondisi Meteorologi Kota Yogyakarta	79
Lampiran 3. Data Statistika	81
Lampiran 4 Data Kuesioner	83



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kota Yogyakarta merupakan Ibu Kota Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yang memiliki luas 32,50 km². Dengan luas wilayah tersebut menurut Badan Pusat Statistika pada tahun 2016 jumlah penduduk Kota Yogyakarta sebesar 417.744 jiwa dengan kepadatan 12.854 jiwa per km². Lalu pada tahun 2018 jumlah penduduk Kota Yogyakarta mengalami peningkatan sehingga jumlah penduduk sebesar 422.732 jiwa sehingga kepadatan penduduk pada tahun tersebut sebesar 13.154 jiwa per km². Dari jumlah penduduk tersebut berdasarkan Badan Pusat Statistika setidaknya di Kota Yogyakarta pada tahun 2018 setidaknya terdapat 415.990 kendaraan bermotor berdasarkan seluruh jenis kendaraan bermotor. Serta sebanyak 186 industri yang terdapat di Kota Yogyakarta. Menurut Soedomo (2001) aktivitas antropogenik seperti penggunaan kendaraan bermotor, aktivitas industri dan rumah tangga dapat menyebabkan pencemaran udara. Sedangkan menurut Haq *et al.* (2002) salah satu pencemaran udara yang di sebabkan oleh kegiatan antropogenik adalah *Particulate Matter* 10 µg (PM₁₀).

Particulate Matter (PM₁₀) merupakan salah satu zat pencemaran udara yang dihasilkan oleh aktivitas antropogenik. Dari total emisi debu di udara sekitar 50 % merupakan PM₁₀. Emisi ini berkontribusi bagi pemanasan atmosfer, sebab selain menyebar juga dapat menyerap radiasi matahari (Havywood, 2000). PM₁₀ adalah bahan pencemar udara yang digolongkan ke dalam kelompok pencemar primer (*primary pollutant*), yaitu bahan pencemar yang diemisikan langsung ke udara dari sumber cemar, seperti kendaraan bermotor (Wijayanti, 2010). Di samping mengganggu estetika, partikel berukuran kecil di udara dapat terhisap ke dalam sistem pernapasan dan menyebabkan penyakit gangguan pernapasan serta kerusakan paru-paru (Alves *et al.*, 2017). Ada tiga cara masuknya bahan polutan seperti PM₁₀ 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 napas. Refleksi 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 sistematis. Kerusakan kesehatan akibat PM_{10} tergantung pada lamanya kontak, konsentrasi partikulat dalam udara, jenis partikulat itu sendiri dan lain-lain (Agusnar, 2008).

Berdasarkan pemantauan yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, kondisi PM_{10} di kota Yogyakarta mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Konsentrasi rata-rata setiap tahunnya pada tahun 2016 hingga 2018 selalu mengalami kenaikan. Pada tahun 2016 konsentrasi rata-rata sebesar $69,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tahun 2017 konsentrasi rata-rata sebesar $120,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, serta pada tahun 2018 konsentrasi rata-rata sebesar $138,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata konsentrasi didapatkan berdasarkan 9 titik pemantauan yang ditentukan oleh BLH DIY.

Sebagai daerah wisata, Kota Yogyakarta mengalami peningkatan kepadatan wisatawan dan lalu lintas. Peningkatan kepadatan lalu lintas ini memicu peningkatan emisi kendaraan bermotor ke lingkungan. Dengan kondisi kualitas udara yang semakin menurun, maka dilakukan penelitian mengenai kualitas udara. Selain itu dari segi kesehatan *Particulate Matter* (PM_{10}) memiliki dampak yang membahayakan bagi kesehatan manusia baik gangguan pada paru-paru dan saluran napas. Maka dari itu penelitian ini dikhususkan untuk meneliti persebaran *Particulate Matter* (PM_{10}) di Kota Yogyakarta. Sebab Kota Yogyakarta merupakan salah satu kota yang padat karena selain menjadi tujuan wisata juga tujuan belajar. Oleh sebab itu salah satu pekerjaan yang berdekatan dengan sumber pencemaran adalah pedagang. Pentingnya penelitian ini juga didukung oleh data tingkat pencemaran partikulat di Kota Yogyakarta yang dilakukan oleh BLH DIY selalu meningkat setiap tahunnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan konsentrasi PM_{10} di wilayah Kota Yogyakarta berdasarkan titik penelitian?
2. Bagaimana tingkat risiko gangguan kesehatan pada pedagang terhadap paparan PM_{10} menggunakan nalisis risiko?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar *Particulate Matter* (PM_{10}) oleh lalu lintas di Kota Yogyakarta, sedangkan tujuan khususnya adalah:

1. Menganalisis perbandingan konsentrasi PM_{10} di wilayah Kota Yogyakarta berdasarkan titik penelitian.
2. Menganalisis tingkat risiko paparan *particulate matter* (PM_{10}) pada pedagang di Kota Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mahasiswa
Meningkatkan ketrampilan di lapangan, menambah wawasan dan pengetahuan tentang kualitas udara serta dampak kesehatan terutama pada pedagang yang berada di lokasi penelitian Kota Yogyakarta.
- b. Pemerintah
Memberikan informasi kualitas udara dan dampak kesehatan sebagai pihak yang penentu kebijakan untuk mempermudah pengelolaan di Kota Yogyakarta.
- c. Pedagang
Memberikan informasi terkait kesehatan akibat pajanan PM_{10} bagi pedagang terutama yang berada di lokasi penelitian.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian di Kota Yogyakarta, DIY dengan titik penelitian berada di depan Hotel Tentrem, perempatan Mirota Kampus, depan Pasar Bringharjo, depan RS. PKU Muhammadiyah Kota Yogyakarta, depan Hotel Saphir, Jalan Sabirin Kota Baru, depan Hotel Matahari, depan PT. Jogjatex, dan depan Kantor Kecamatan Jetis.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengurasi risiko kesehatan bagi para pedagang dari paparan *Particulate Matter* (PM₁₀) yang berada di titik penelitian yang telah ditentukan.
3. Penelitian ini menggunakan data primer yang akan digunakan adalah data profil pedagang seperti umur, lama berdagang dalam sehari, lama hari berdagang dalam 1 tahun serta berapa lama mereka sudah berdagang melalui kuesioner yang disebarakan ke setiap pedagang pada tahun 2020.
4. Penelitian menggunakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi DIY dan Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta.
5. Data *Particulate Matter* (PM₁₀) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Badan Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta pada rentan tahun 2016–2018.
6. Data pendukung meteorologi Kota Yogyakarta dengan data sekunder statistik Kota Yogyakarta.
7. Penelitian ini menggunakan Studi Analisis Risiko Kesehatan 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 kondisi dimana suatu zat pencemar dalam bentuk gas serta partikel berukuran kecil atau aerosol yang masuk ke udara sehingga menyebabkan perubahan lingkungan udara (Soedomo, 2001). Sedangkan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 441 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien dari kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhinya. Sedangkan yang dimaksud udara ambien merupakan yang udara bebas serta berada di pada lapisan troposfer di wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup serta umur lingkungan hidup yang lainnya.

Udara menjadi suatu komponen lingkungan hidup yang memiliki kesamaan dengan lingkungan hidup lainnya, akan tetapi udara memiliki sifat mobilitas yang tinggi. Menurut Budiraharjo dalam Sianturi (2004) udara perlu mendapatkan perhatian karena beberapa hal, yang diantaranya sebagai berikut:

1. Kemampuan udara yang terbatas dalam menerima menetralkan dan mendaur ulang akibat masuknya unsur pencemar.
2. Kemampuan fungsi udara yang menurun akan memberi dampak negatif yang besar dan meluas terhadap kesehatan lingkungan, kegiatan perekonomian, dan pembangunan.
3. Penurunan kualitas udara akan mengakibatkan kebutuhan pembiayaan yang cukup besar untuk memulihkannya.

2.2 Sumber Pencemaran

Salah satu sumber pencemaran di udara adalah emisi. Emisi sendiri merupakan jumlah polutan yang ada di udara dalam satuan waktu. Emisi

ditimbulkan dari aktivitas manusia (*anthropogenic emissions*) dan aktivitas alam (*biogenic emissions*). Salah satu sumber pencemaran udara yaitu dari transportasi (Fardiaz, 2008).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara sumber pencemaran udara terbagi menjadi lima kelompok, yaitu:

1. Sumber bergerak, yaitu sumber emisi yang tidak tetap dari suatu tempat atau sumber bergerak. Biasanya bersumber dari kendaraan bermotor.
2. Sumber bergerak spesifik, yaitu bersumber dari emisi yang bergerak akan tetapi berasal dari pesawat terbang, kapal laut, kereta api serta kendaraan berat yang lainnya.
3. Sumber tidak bergerak, yaitu emisi yang disebabkan dari aktifitas yang tetap di suatu tempat. Sumber tidak bergerak ini berupa bengkel, ataupun pabrik.
4. Sumber tidak bergerak spesifik, yaitu bersumber dari aktifitas tidak bergerak namun kejadiannya tidak terduga seperti pembakaran sampah serta kebakaran hutan.
5. Sumber gangguan, yaitu pencemaran yang diakibatkan dengan media udara atau padat sebagai penyebarannya. Contoh dari sumber ini adalah kebisingan, kebakaran dan kebauan.

2.3 Pengertian *Particulate Matter* (PM₁₀)

Particulate Matter 10 μm (PM₁₀) merupakan partikulat padat dan cair yang berada di udara dengan ukuran berdiameter aerodinamik 10 mikron. *Particulate Matter* (PM₁₀) memiliki beberapa nama lain yaitu *Particulate Matter* 10 μm (PM₁₀) sebagai *inhalable particles*, *respirable particulate*, *respirable dust* dan *inhalable dust*. *Particulate Matter* (PM₁₀) merupakan kelompok partikulat yang bisa di inhalasi, akan tetapi karena ukurannya PM₁₀ lebih spesifik adalah partikulat yang *respirable* serta prediktor kesehatan yang baik (Koren, 2003). Pada tahun 1987 Sistem Pemantauan Lingkungan Global yang disponsori oleh PBB memperkirakan 70 % penduduk kota di dunia hidup dengan partikul di udara

yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh WHO. Partikulat sebagian berasal dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, akan tetapi yang paling berbahaya adalah partikel halus yang dapat menebus bagian paling dalam dari paru-paru. Sebagian besar partikulat halus terbentuk dari polutan lain yang diantaranya sulfur dioksida dan oksida nitrogen serta secara kimiawi dapat berubah menjadi zat nitrat dan sulfat.

2.3.1 Bentuk *Particulate Matter* (PM₁₀)

Menurut Crawford (1980) partikel di udara secara umum dapat dibagi ke dalam dua bagian utama, yaitu:

1. Partikel halus (*Fine partikel*): Partikel berukuran lebih kecil dari 2,5 µm.
2. Partikel kasar (*Coarse partikel*): Partikel berukuran lebih besar dari 2,5 µm.

Adapun beberapa istilah yang dapat menggambarkan partikulat berdasarkan pembentukan dan ukurannya adalah sebagai berikut:

1. Debu (*dust*). Aerosol padat yang dibentuk akibat pemecahan mekanik material besar seperti dari *crushing* dan *grounding*. Ukuran partikelnya dari sub mikrometer sampai visibel. *Coarse particle* berukuran > 2,5 µm sedangkan *fine particle* berukuran < 2,5 µm.
2. *Fume*. Aerosol padat yang dibentuk dari kondensasi uap atau gas hasil pembakaran. Ukuran partikelnya kurang dari 1 µm. Definisi ini berbeda dengan yang diketahui secara umum yang didasarkan pada adanya *noxious contaminant*.
3. Asap (*smoke*). Aerosol *visible* yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Ukuran partikelnya (padat atau cair) < 1 µm.
4. Kabut (*Mist*). Aerosol cair yang terbentuk dari proses kondensasi atau atomisasi. Ukuran partikelnya antara sub mikrometer hingga 20 µm.

2.3.2 Sifat *Particulate Matter* (PM₁₀)

Particulate Matter (PM₁₀) memiliki bentuk cair dan padat. Selain itu ada pula yang memiliki inti padat namun dikelilingi oleh cairan. Partikulat ini terdiri dari ion organik, elemen karbon, senyawa organik, logam berat, serta senyawa lainnya. Terdapat beberapa partikulat yang bersifat higroskopis serta berisi

partikulat yang terikat air. Partikulat organik yang berbentuk kompleks, berisi ratusan hingga ribuan senyawa organik. Partikel primer diemisikan dari sumber secara langsung, sedangkan untuk partikulat sekunder terbentuk dari gas mulai dari reaksi kimia di dalam atmosfer. Reaksi kimia di dalam atmosfer meliputi oksigen yang berada di atmosfer (O_2) dan uap air (H_2O), zat reaktif seperti ozon (O_3), senyawa radikal seperti hidroksi radikal (COH) dan nitrat radikal dan (CNO_3), serta polutan organik (SO_2 , NO_x , dan gas organik baik dari aktivitas alam maupun kegiatan manusia). Sedangkan untuk ukuran merupakan faktor yang menentukan sifat partikulat. Ukuran pada umumnya dinyatakan dalam diameter aerodinamik yang mengacu pada kepadatan unit partikulat berbentuk bola (US.EPA, 2004).

2.3.3 Sumber *Particulate Matter* (PM_{10})

Secara alami *Particulate Matter* (PM_{10}) dapat ditemukan di partikulat garam, evaporasi air laut, tanah, jamur, virus dan bakteri. Sedangkan dari aktivitas manusia PM_{10} dihasilkan dari kegiatan industri, kendaraan bermotor, tenaga listrik dan hasil dari pembakaran. *Particulate Matter* (PM_{10}) secara langsung dihasilkan dari emisi mesin diesel, industri pertanian, aktifitas di jalan, serta reaksi fotokimia yang melibatkan polutan. Berdasarkan US.EPA (2004) sumber partikulat berdasarkan ukuran diameter sebagai berikut:

- a) Partikulat dengan karakter yang sangat halus, memiliki diameter $\leq 0,1 \mu m$ yang dihasilkan dari transformasi SO_2 dan campuran organik baik di atmosfer maupun hasil dari proses kimia dengan temperatur tinggi.
- b) Partikulat dengan mode akumulasi, memiliki diameter antara $0,1 \mu m$ hingga $3 \mu m$. Partikulat ini diproduksi dari hasil pembakaran fosil seperti minyak bumi dan batu bara, pembakaran kayu bakar, transformasi dari SO_2 , NO_x dan campuran organik, serta aktivitas bertemperatur tinggi seperti pabrik baja ataupun peleburan logam.
- c) Partikulat berbentuk kasar, berdiameter $> 3 \mu m$ yang dihasilkan dari bekas tanah yang berada di jalan raya, aktivitas konstruksi, pembakaran minyak bumi dan batu bara yang tak terkendali.

2.3.4 Dampak *Particulate Matter* (PM₁₀) Terhadap Kesehatan dan Lingkungan

Partikulat khususnya PM₁₀ yang berada di udara ditarik kedalam tubuh setiap pernapasan. Di dalam paru-paru memiliki dampak fisik langsung dan/atau diserap ke dalam darah. Setiap orang akan terkena dalam batas tertentu terkecuali dalam lingkungan disaring khusus. Paparan pada daerah perkotaan dan industri memiliki kemungkinan yang lebih besar namun tidak memungkiri juga di daerah lingkungan alami (NPI, 2013). Dalam kondisi polusi yang diakibatkan oleh partikulat terhadap kesehatan, dapat menurunkan produktivitas sehingga berimbas juga pada penurunan nilai ekonomi (Budiyono, 2001)

Gangguan yang diakibatkan oleh partikulat ini juga menyebabkan gangguan fungsi fall paru, pengelihan, kenyamanan kerja bahkan keracunan umum. (Hoek *et al.*, 2013) Polusi udara sangat berpengaruh terhadap kesehatan mata terutama pada bagian permukaan mata. Gejala mata akibat terpapar polusi udara adalah iritasi mata ringan hingga berat, ketidaknyamanan penglihatan, dan meningkatkan kepekaan terhadap cahaya (Gupta, 2007). PM₁₀ yang tidak tersaring oleh bulu hidung akan masuk ke dalam paru-paru. Bila PM₁₀ terdeporsit ke paru-paru akan mengakibatkan gangguan pada pengelihan (Nurhayati, 2000). Partikulat yang melayang ini akan mengakibatkan pengurangan daya pandang atau visibilitas hingga iritasi pada mata (Mukono, 2008).

Selain pada manusia, partikulat yang berada di udara memiliki potensi menurunkan kemampuan ekosistem karena partikulat terdeporsisi ke tanah. Siklus mineral juga terhambat karena adanya deporsisi logam berat terhadap partikulat. (EPA, 2004). Partikulat terhadap material dapat berakibat pengikisan material bangunan. Selain itu juga mengganggu estetika bangunan dan struktur tanah (Fardiaz, 1992). Sedangkan bagi tumbuhan, partikulat pada permukaan daun akan menutupi stomata sehingga akan menutup jalur transport gas dan uap air ke dalam struktur daun. Akibatnya kemampuan fotosintesis daun akan menurun dan pertumbuhan vegetasi juga akan menurun (Fardiaz, 1992)

2.3.5 Pengukuran Kadar *Particulate Matter* (PM₁₀)

Sampling dilakukan terhadap konsentrasi PM₁₀ di udara ambien, kondisi meteorologi, dan karakteristik lalu lintas. Sampling PM₁₀ menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS). Alat tersebut digunakan untuk mengumpulkan partikel dengan cara filtrasi. Udara yang berada di atmosfer dipompa dengan vakum perkapasitas tinggi, alat ini juga dilengkapi filter alat kontrol

Prinsip kerja dari HVAS dengan metode gravimetri yaitu menentukan konsentrasi debu yang ada di udara dengan menggunakan pompa isap. Udara yang terhisap disaring dengan filter, sehingga debu yang ada di udara akan menempel pada filter tersebut. Berdasarkan jumlah udara yang terhisap dan berat debu yang menempel pada filter, akan diketahui konsentrasi debu yang ada di udara. Alat ini menggunakan filter serat kaca untuk mengumpulkan partikel dengan diameter 0,1 µm hingga 100 µm dengan efisiensi pengumpulan 99,95% untuk partikel 0,3 µm.

Perhitungan koreksi laju alir pada kondisi standar sebagai berikut:

$$Q_s = Q_o \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q_s : Laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (m³/menit)

Q_o : Laju alir volume uji (m³/menit)

T_o : temperatur absolute (273+ t ukur) dimana

Q_o : C ditentukan

P_s : Tekanan barometrik standar (101,3 kPa)

P_o : Tekanan barometrik dimana Q_o ditentukan

Perhitungan volume di udara yang diambil sebagai berikut :

$$V = \frac{Q_{s1} + Q_{s2}}{2} \times T \quad (2.2)$$

Keterangan:

V : volume udara yang diambil (m³/menit)

Q_{s1} : laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama

Q_{s2} : laju alir awal terkoreksi pada pengukuran kedua (m³/menit)

T : durasi pengambilan contoh uji

Jumlah konsentrasi PM₁₀ di udara dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$[C] = \frac{(W2-W1) \times 10^6}{V} \quad (2.3)$$

Keterangan:

[C] = Konsentrasi PM₁₀ di udara ambien (µg/m)

W1 = Berat filter awal (g)

W2 = Berat filter akhir (g)

V = Volume contoh uji udara (m³)

10⁶ = Konversi ke µg

2.4 Sumber Pencemaran Udara di Wilayah Kota

2.4.1 Transportasi

Transportasi merupakan salah satu sektor dimana emisi yang disebabkan dapat memberikan dampak terhadap lingkungan yang cukup besar. Menurut Soedomo (2001) terdapat faktor penyebab dominannya pengaruh transportasi terhadap pencemaran udara yang diantaranya sebagai berikut:

- a. Peningkatan jumlah kendaraan yang sangat cepat.
- b. Kesamaan waktu aliran lalu lintas.
- c. Jenis bahan bakar.
- d. Pola mengemudi.
- e. Prasarana transportasi yang tidak seimbang dengan jumlah kendaraan
- f. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan perkembangan kota.
- g. Pola lalu lintas yang berorientasi berpusat karena kegiatan ekonomi yang terpusat di wilayah kota.
- h. Jenis permukaan jalan.
- i. Karakter dan usia kendaraan bermotor.
- j. Faktor perawatan kendaraan.

2.4.2 Industri

Menurut UU No. 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian, industri merupakan kegiatan ekonomi yang merubah atau mengolah bahan mentah, bahan baku,

barang setengah jadi dan/atau barang jadi menjadi barang yang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri. Sehingga aktivitas industri merupakan aktivitas vital dalam pertumbuhan ekonomi.

Menurut Soedomo (2001), Sektor industri merupakan salah satu penyebab pencemaran udara di perkotaan. Secara khusus industri akan mengeluarkan pencemaran yang memiliki spesifik dan komposisi pencemarnya tergantung dari bahan baku dan proses industri yang diterapkan.

Penggunaan bahan bakar dalam proses industri masih mendominasi kegiatan industri di Indonesia. Akibatnya, akan memberikan emisi pencemaran udara yang diantaranya CO, HC, NO_x, Partikulat dan SO_x. Besaran kontribusi pencemaran tersebut terutama disebabkan oleh penggunaan bahan bakar yang berat seperti jenis residum solar dan diesel (Soedomo, 2001).

2.4.3 Permukiman

Permukiman merupakan suatu tempat yang bagi manusia untuk bermukim yang telah disiapkan untuk menunjukkan suatu tujuan yang jelas, sehingga dapat memberikan rasa nyaman bagi penghuninya (Parwata, 2004).

Menurut Soedomo (2001) rumah tangga atau permukiman merupakan salah satu faktor penyebab atau sumber pencemar udara. Hal ini diakibatkan oleh kegiatan rumah tangga dengan penggunaan bahan bakar baik untuk mengolah makanan maupun untuk membakar sampah yang memberikan kontribusi pencemaran terutama emis partikulat.

2.5 Pengaruh Meteorologi Terhadap Pencemaran Udara

Meteorologi merupakan salah satu dari faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara di suatu wilayah baik dengan kepadatan tinggi maupun kepadatan rendah. Berdasarkan sistem pencemaran udara, atmosfer merupakan medium penerima emisi dari sumber pencemar. Atmosfir merupakan medium yang sangat dinamik, dimana atmosfer ini memiliki kemampuan sebagai berikut:

- a. Transformasi fisik-kimia dalam proses dan mekanisme kinetik atmosfer
- b. Difusi (antar molekul gas dan atau partikel/aerosol)

- c. Dispersi (penyebaran)
- d. Dilusi (pengenceran)

Adapun faktor yang sangat menentukan kemampuan atmosfer oleh meteorologi sebagai berikut:

- a. Kecepatan angin
- b. Temperatur
- c. Tekanan
- d. Kelembaban
- e. Aspek permukaan (morfologi, topografi dan lain sebagainya)

2.6 Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis risiko atau *risk assessment* merupakan karakteristik efek-efek potensial yang diakibatkan oleh pajanan bahaya lingkungan yang merugikan kesehatan manusia (Aldrich, 1993). Sedangkan menurut sumber lain yang dimaksud dengan analisis risiko adalah alat yang digunakan untuk mengelola risiko, dengan melakukan penilaian yang dilakukan oleh tenaga ahli dan birokrat untuk memperkirakan pajanan yang mempengaruhi peningkatan risiko kesehatan di tubuh manusia (NRC, 1983).

WHO (2004) mendefinisikan bahwa analisis risiko merupakan proses menghitung atau memperkirakan risiko di suatu system atau sub populasi, organisme sasaran termasuk mengidentifikasi ketidakpastian yang menyerta, setelah terpapar oleh suatu *agent*, dengan memperhatikan karakteristik pada *agent* tersebut dan karakteristik sistem pada sasaran yang lebih spesifik. Sedangkan yang dimaksud risiko disini adalah kejadian yang memiliki efek merugikan baik bagi organisme ataupun sistem yang disebabkan oleh pajanan suatu *agent* penyebab dalam suatu keadaan.

2.6.1 Prinsip Dasar Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan

Secara garis besarnya analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) menurut *National Research Council* (NRC) terdiri dari empat tahap kajian, yaitu: Identifikasi bahaya, Analisis pajanan, Analisis dosis-respon, dan Karakterisasi risiko (NRC, 1983).

Tahapan-tahapan yang dilakukan tidak harus berurutan, akan tetapi untuk karakterisasi risiko harus dilakukan sebagai tahap terakhir. Untuk karakterisasi risiko dinyatakan secara kuantitatif dengan melakukan analisis pemajanan dengan dosis respon. Nilai estimasi risiko kesehatan ini digunakan untuk merumuskan status kesehatan. Setelah ditentukan manajemen risiko kemudian dikomunikasikan dengan pihak memiliki kepentingan agar risiko yang potensial dapat dicegah atau diperkecil (NRC, 1983).

2.6.2 Analisa Pemajanan

Exposure assessment atau analisis pemajanan dilakukan untuk mengetahui jalu-jalur pemajanan dari agen risiko agar jumlah asupan dalam individu yang berisiko dapat dihitung. Untuk menentukan data dan informasi yang dibutuhkan untuk menentukan jumlah asupan dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut (ATSDR, 2005).

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_E}{W_b \times t_{avg}} \quad (2.4)$$

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_E : Waktu pajanan.

f_E : Frekuensi pajanan.

D_t : Durasi pajanan, tahun (*realtime* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default residential*).

W_b : Berat badan.

t_{avg} : Periode waktu rata-rata (D_t x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen).

Waktu pajanan (t_E) harus digali dengan cara menanyakan berapa lama kebiasaan responden sehari-hari berada di luar rumah seperti ke pasar, mengantar

dan menjemput anak sekolah dalam hitungan jam. Demikian juga untuk frekuensi pajanan (f_E), kebiasaan apa yang dilakukan setiap tahun meninggalkan tempat mukim seperti pulang kampung, mengajak anak berlibur ke rumah orang tua, rekreasi dan sebagainya dalam hitungan hari. Untuk durasi pajanan (D_t), harus diketahui berapa lama sesungguhnya (*realtime*) responden berada di tempat mukim sampai saat survei dilakukan dalam hitungan tahun. Selain durasi pajanan *lifetime*, durasi pajanan real time penting untuk dikonfirmasi dengan studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL) apakah estimasi risiko kesehatan sudah terindikasikan (ATSDR, 2005).

Konsentrasi *risk agent* di lingkungan diperlakukan sesuai dengan karakter statistik yang dimiliki. Apabila distribusi konsentrasi dari *risk agent* menunjukkan hasil normal, maka bisa menggunakan nilai aritmatik meannya. Namun apabila menunjukkan hasil yang tidak normal, maka harus menggunakan log normal. Untuk mengetahui distribusi konsentrasi *risk agent* tersebut normal atau tidak normal dapat menggunakan perhitungan *coeficiente of variance* (CoV), yaitu SD dibagi dengan mean. Apabila hasil dari $CoV \leq 20$ maka akan dianggap normal dan dapat digunakan nilai meannya (NRC, 1983).

2.7 Ketentuan Teknis Pemantauan Udara Ambien

Ketentuan dari teknis pemantauan kualitas udara ambien dapat dilihat dari Lampiran VI Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 12 Tahun 2010. Adapun lokasi pemantauan kualitas udara ambien untuk lokasi di tepi jalan (*roadside*) dengan jarak pengukuran 1–5 meter dari tepi jalan raya. Kriteria untuk menentukan penempatan alat diantaranya menempatkan sampling *inlet* di ketinggian minimal 2 meter diatas permukaan tanah untuk gas dan partikel, serta berada di area terbuka 120° terhadap penghalang. Selain itu untuk kriteria penentuan lokasi pemantauan kualitas udara ambien diantaranya, berada di area dengan konsentrasi pencemaran yang tinggi, daerah dengan proyeksi untuk menentukan dampak di masa mendatang, area dengan kepadatan penduduk tinggi serta di area lokasi penelitian yang diperuntukkan untuk daerah studi.

2.8 Baku Mutu Udara Ambien

Baku mutu udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, diartikan sebagai batasan ukuran zat, energi dan/atau komponen lainnya yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang keberadaannya di udara ditenggangkan. Secara nasional baku mutu udara ambien diatur pengendaliannya di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Sedangkan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki aturan sendiri terkait baku mutu udara ambien yang diatur dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Baku mutu *particulate matter* (PM₁₀)

Parameter	Waktu Pengukuran	BMUA	BMUA	Metode Analisis	Peralatan
		Primer ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sekunder ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
PM ₁₀ (Partikulat diameter <10 mikron)	24 jam	150	150	Gravimetri	PM ₁₀ mikrometer
	1 tahun	50	50		

Sumber: Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian dan Desain Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian korelasi dan deskriptif dengan menggunakan metode analisis kuantitatif. Penelitian ini secara keseluruhan menggunakan data sekunder yang meliputi studi literasi analisis risiko berdasarkan US-EPA, data konsentrasi PM_{10} di Kota Yogyakarta dari Badan Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta, data meteorologi dari BMKG, serta data statistik kependudukan, kendaraan dan jumlah industri Kota Yogyakarta yang secara keseluruhan dalam kurun waktu 3 tahun terakhir (2016–2018).

Desain penelitian yang digunakan menggunakan metode univariat, bivariat dan analisis risiko. Adapun langkah-langkah yang pertama analisis univariat yaitu melakukan analisis data-data sekunder yang telah dikumpulkan dari tahun 2016–2018, kedua melakukan analisis bivariat dengan melakukan analisis korelasi antara dua data sekunder konsentrasi PM_{10} dengan data lain, ketiga melakukan analisis risiko PM_{10} dengan cara menganalisis risiko yang terdiri dari identifikasi bahaya, analisis pemajanan, analisis dosis-respon dan karakteristik risiko, berikutnya melakukan manajemen risiko serta yang terakhir adalah komunikasi risiko yang dilakukan untuk memprediksi bahaya yang diakibatkan oleh PM_{10} (Louvar, 1998).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2020. Lokasi penelitian di Kota Yogyakarta berdasarkan data yang diambil dari pemantauan udara ambien oleh Badan Lingkungan Hidup, DIY pada tahun 2016 hingga 2018. Karena mengikuti lokasi yang ditentukan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY, sehingga tidak semua wilayah diliputi. Adapun beberapa lokasi yang termasuk ke dalam wilayah penelitian disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3.1 Titik penelitian

No	Lokasi	Kode	Kordinat
1	Perempatan Mirota Kampus	PMK	7°46'34.9"S 110°22'28.4"E
2	Depan Hotel Tentrem	DHT	7°46'25.1"S 110°22'06.5"E
3	Depan RS PKU Muhammadiyah	PKU	7°48'03.1"S 110°21'44.2"E
4	Depan Pasar Bringharjo	DPB	7°47'54.7"S 110°21'55.4"E
5	Depan Hotel Saphir	DHS	7°46'59.9"S 110°23'29.2"E
6	Jalan Sabirin Kota Baru	SKB	7°47'02.0"S 110°22'23.4"E
7	Depan Kantor Kecamatan Jetis	DKJ	7°46'58.4"S 110°21'44,3"E
8	Depan Hotel Matahari	DHM	7°49'18.2"S 110°22'04.9"E
9	PT Jogjatex, Umbulharjo	JTX	7°49'03,6"S 110°22'40,6"E

Pada titik penelitian di sebutkan dengan kode serta titik koordinat sebagaimana ditampilkan pada tabel 3.1 tersebut. Titik koordinat ditentukan dari *Google Earth* karena keterbatasan data dengan radius ketelitian hingga 10 meter. Titik tersebut terbagi atas 6 (enam) wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Jetis, Kecamatan Gondokusuman, Kecamatan Umbulharjo, Kecamatan Gondomanan dan Kecamatan Mergangsan. Sedangkan untuk analisis risiko akan difokuskan pada pedagang yang berada di 9 (Sembilan) titik penelitian tersebut

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pedagang yang masih berjualan hingga saat dilakukan penelitian. Jumlah populasi pedagang yang berada di seluruh titik penelitian yaitu berjumlah 119 orang. Dengan rincian setiap lokasinya 10 pedagang di depan hotel Tentrem, 4 pedagang di depan kantor Kecamatan Jetis, 3 pedagang di jalan Sabirin Kota Baru, 30 pedagang di perempatan Mirota Kampus, 48 pedagang di depan pasar Bringharjo, 13 pedagang di depan PKU Muhammadiyah, 4 pedagang di depan hotel Matahati, 5 pedagang di depan hotel Saphir dan 2 pedagang di depan PT. Jogjatex.

Sampel dalam penelitian ini adalah para pedagang berdasarkan jumlah populasi 119 orang. Pengambilan sampel yaitu 35 orang yang ditentukan berdasarkan perhitungan slovin di setiap lokasinya, dimana pedagang tersebut

diberi kuesioner sebagai data primer. Selain itu juga data sekunder menggunakan hasil konsentrasi PM₁₀ Kota Yogyakarta yang didapat dari hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \quad (3.1)$$

$$n = \frac{30}{1 + (30 \times 0,05)^2} = 9$$

Keterangan:

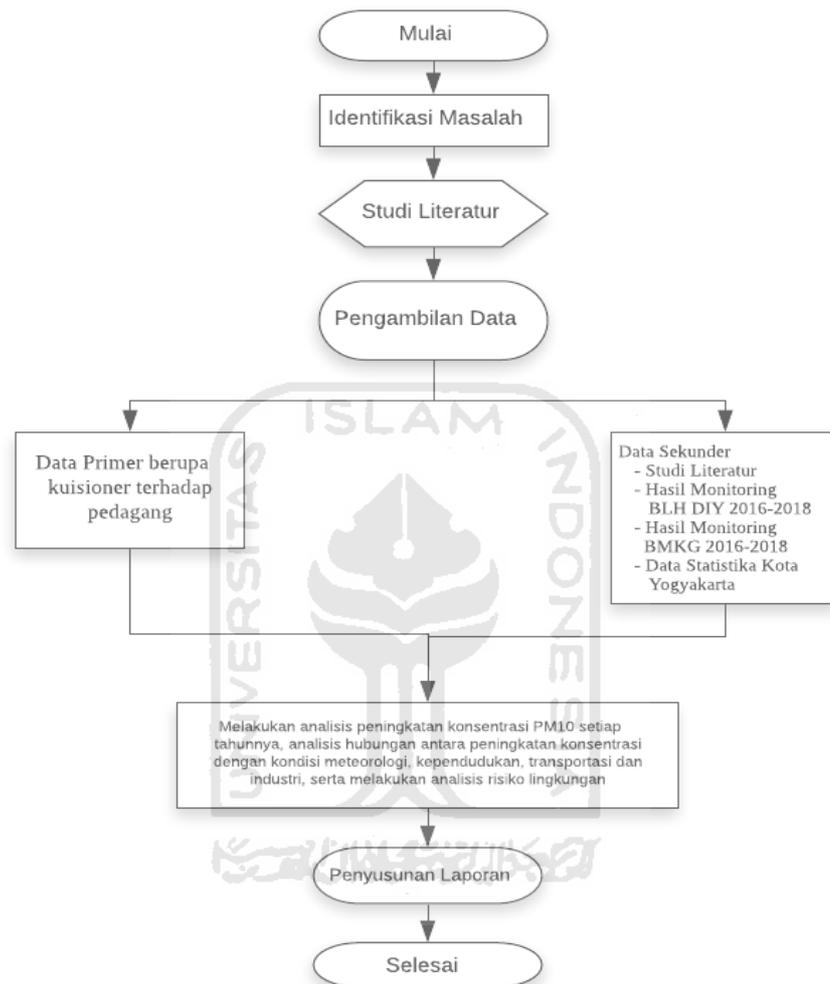
- n : Jumlah sampel
- N : Besar/ jumlah populasi
- e : Batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Tabel 3.2 Populasi dan sampel penelitian

Lokasi Penelitian	Populasi	Sampel
Perempatan Mirota Kampus	30	9
Depan Hotel Tentrem	10	3
Depan RS. PKU Muh.	13	4
Depan Pasar Bringharjo	48	14
Depan Hotel Saphir	5	1
Jl. Sabirin Kota Baru	3	1
Depan Kantor Kec. Jetis	4	1
Depan Hotel Matahari	4	1
Depan PT. Jogjatex	2	1
	119	35

3.4 Diagram Alir Analisis Data

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dan studi literatur. Sehingga pengumpulan data tidak dilakukan secara langsung di lapangan. Adapun data sekunder yang diambil diantara kondisi meteorologi Kota Yogyakarta yang berasal dari BMKG stasiun kelas 1 Yogyakarta tahun 2016 – 2018, data statistik kependudukan, kendaraan dan industri Kota Yogyakarta tahun 2016–2018, dan data konsentrasi PM_{10} dari hasil pemantauan Badan Lingkungan

Hidup DIY. Sedangkan untuk analisis risiko PM_{10} dengan studi literatur menggunakan asumsi yang paling dekat dengan lapangan berdasarkan US-EPA.

3.5.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tidak dilakukan secara langsung melainkan berdasarkan data yang diambil dari BLH DIY. Sampel yang adalah konsentrasi PM_{10} di udara ambien yang diambil oleh BLH DIY di beberapa lokasi di Kota Yogyakarta sesuai acuan menggunakan SNI. 19.7119.9-2005. Sampling PM_{10} menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS). HVAS merupakan peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan partikel melalui filtrasi, sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang lengkap dengan filter alat kontrol. Penempatan alat mengacu pada SNI.19.7119.9-2005 pengambilan contoh uji dilakukan sekurang-kurangnya 5 meter di pinggir jalan raya.

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

3.6 Pengolahan dan Analisis Data

3.6.1 Analisis Univariat

Analisis univariat digunakan untuk menganalisis setiap variabel dari penelitian agar data yang didapat menjadi lebih ringkas dan menjadi informasi yang berguna (Notoadmodjo, 2005). Pada analisis univariat ini, data diperoleh dari hasil pemantauan PM_{10} di udara ambien dengan metode pasif. Data yang digunakan hanya satu tahap. Pengolahan data dilakukan menggunakan program komputer yang sesuai dengan standar. Kemudian analisis dan data disajikan dalam bentuk tabel, selanjutnya akan dibandingkan dengan Keputusan Gubernur

Daerah Istimewa Yogyakarta No. 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien di Daerah Istimewa Yogyakarta dan diinterpretasikan dalam bentuk deskripsi terkait kondisi lokasi.

3.6.2 Analisis Bivariat

Analisis bivariat merupakan analisis dua variabel yang berbeda untuk mengetahui apakah antar variabel memiliki keterkaitan atau pengaruh. Analisis bivariat ini digunakan untuk menentukan perbedaan antara konsentrasi PM₁₀ yang dihasilkan oleh area dari sumber pencemar. Area sumber pencemar ini terdiri atas area industri, kependudukan, transportasi serta kondisi meteorologi. Berikutnya dilakukan uji normalitas terhadap data untuk mengetahui kenormalan data.

3.6.3 Analisis Risiko PM₁₀ Terhadap Kesehatan Pedagang

Penelitian ini dilakukan dengan studi analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang digunakan untuk memperkirakan risiko yang diakibatkan oleh pajanan PM₁₀ di lingkungan penelitian tersebut. Pada studi ini akan memproyeksikan efek kesehatan dalam 30 tahun kedepan di wilayah Kota Yogyakarta.

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).

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_E}{W_b \times t_{avg}} \quad (3.2)$$

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_E : Waktu pajanan
- f_E : Frekuensi pajanan
- D_t : Durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default residential*)
- W_b : Berat badan
- t_{avg} : Periode waktu rata-rata (D_t x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik)

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 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, 2005).

$$RQ = \frac{Ink}{Rfd \text{ atau } RfC} \quad (3.3)$$

$$Rfd/RfC = \frac{C \times R \times f \times Dt}{Wb \times Tavg} \quad (3.4)$$

Baik *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 ≤ 1, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1 (Rahman, 2007).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

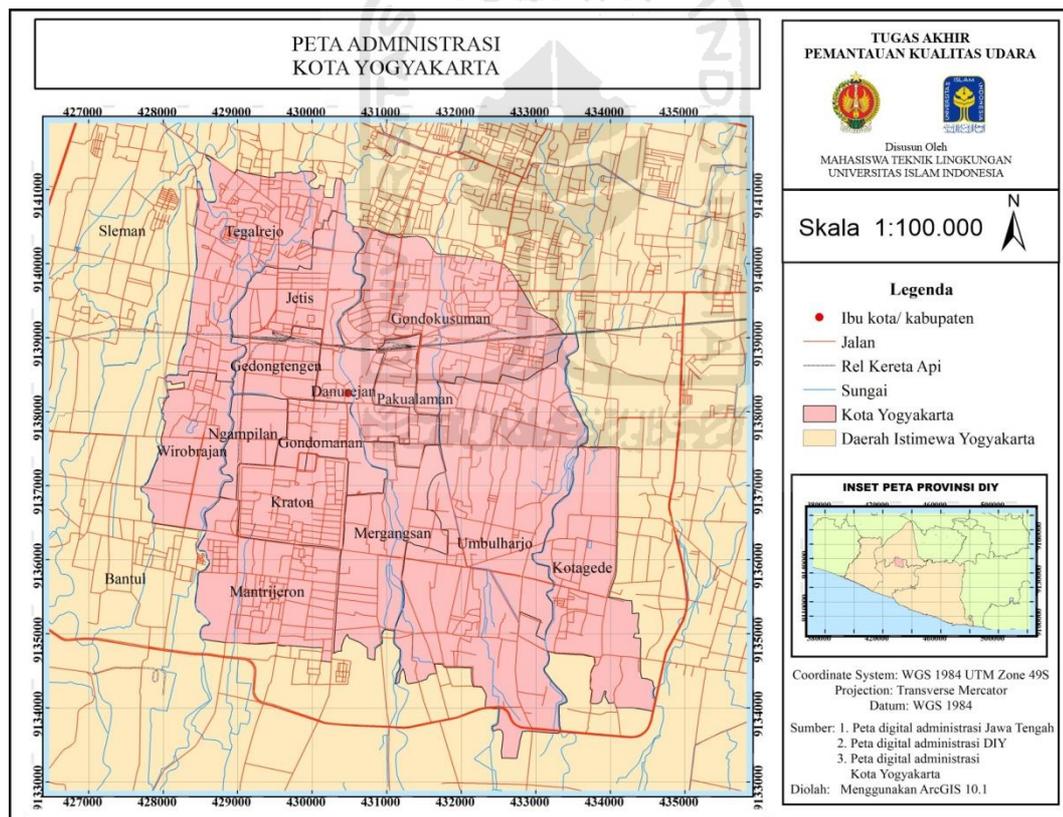


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Yogyakarta menggunakan data sekunder yang dikeluarkan oleh Badan Lingkungan Hidup DIY dan Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta. Penelitian ini melakukan analisis konsentrasi PM_{10} yang berada di udara ambien Kota Yogyakarta berdasarkan titik pemantauan yang dilakukan oleh BLH DIY pada rentan tahun 2016 - 2018. Selain pemantauan PM_{10} juga dilakukan analisis pada kondisi meteorologi, kependudukan, industri serta transportasi di Kota Yogyakarta.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian Udara

Sumber :Portal.Ina-sdi.or.id

Titik pemantauan yang dipilih merupakan beberapa lokasi vital yang sering dilalui atau dipadati warga. Pemilihan titik pemantauan didasari atas ketersediaan

data serta kondisi nyata lokasi tersebut. Adapun beberapa titik pemantauan sebagai berikut:

- a. Perempatan Mirota Kampus, ditandai dengan kode sampel PMK pada peta adalah salah satu titik yang berada di wilayah kecamatan Gondokusuman. Merupakan lokasi padat karena berada di kawasan perguruan tinggi serta pertokoan. Selain itu juga disekitar perempatan Mirota Kampus juga berdekatan dengan rumah sakit dan sekolah.
- b. Depan Hotel Saphir, ditandai dengan kode sampel DHS pada peta berada di wilayah kecamatan Gondokusuman. Merupakan lokasi yang padat karena berada di jalan utama masuk Kota Yogyakarta. Selain itu juga terdapat pertokoan, perhotelan, gedung pertemuan dan mall.
- c. Jalan Sabirin Kota Baru, ditandai dengan kode sampel SKB pada peta berada di wilayah kecamatan Gondokusuman. Titik pemantauan Jalan Sabirin ini berada di kawasan perkantoran dan sekolah.
- d. Depan Kantor Kecamatan Jetis, ditandai dengan kode sampel DKJ pada peta berada di wilayah Kecamatan Jetis. Depan Kantor Kecamatan Jetis berada dekat kawasan pertokoan dan perkantoran yang padat. Selain itu juga di sebelah timur terdapat pasar dan sebelah barat merupakan akses utama menuju atau dari Magelang.
- e. Depan Hotel Tentrem, ditandai dengan kode sampel DHT pada peta berada di wilayah Kecamatan Jetis. Titik pemantauan ini berada di jalan AM. Sangaji dengan pertokoan yang cukup padat. Selain itu juga berada di lingkungan sekolah.
- f. Depan RS PKU Muhammadiyah, ditandai dengan kode sampel PKU pada peta berada di wilayah Kecamatan Gondomanan. RS PKU dikelilingi oleh pertokoan yang padat. Selain itu juga berada di dekat kawasan wisata Malioboro dan Kraton. Selain itu kondisi parkir RS PKU Muhammadiyah juga berada di pinggir jalan atau tepat di depan RS. PKU Muhammadiyah.
- g. Depan Pasar Bringharjo, ditandai dengan kode sampel DPB pada peta berada di wilayah Kecamatan Gondomanan. Titik pemantauan depan

Pasar Bringharjo berada di kawasan wisata Malioboro. Sehingga banyak kendaraan yang berlalu-lalang di area tersebut. Selain itu juga di sebelah selatan terdapat parkir kendaraan bagi pengunjung Pasar Bringharjo dan wisata Malioboro.

- h. Depan Hotel Matahari Jl. Parangtritis, ditandai dengan kode sampel DHM pada peta berada di wilayah Kecamatan Mergangsan. Titik pemantauan ini merupakan akses utama warga menuju atau dari Bantul. Selain itu juga merupakan area pertokoan yang cukup padat.
- i. PT. Jogjatex, ditandai dengan kode sampel JTX pada peta berada di wilayah Kecamatan Umbulharjo. Titik pemantauan ini merupakan kawasan industri tekstil. Selain itu PT. Jogjatex berada di perkampungan yang padat penduduk.

4.1.1 Kependudukan

Penduduk kota Yogyakarta merupakan orang yang tinggal di wilayah administrasi kota Yogyakarta selama lebih dari 6 (enam) bulan atau kurang dari 6 bulan namun bertujuan untuk menetap. Berdasarkan BPS Kota Yogyakarta jumlah penduduk di setiap tahunnya mengalami peningkatan. Dari tabel 4.1 diketahui pada tahun 2018 mengalami peningkatan yang cukup tinggi dibanding dengan tahun-tahun sebelumnya.

Tabel 4.1 Data kependudukan Kota Yogyakarta

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Laki-laki (Jiwa)	Perempuan (Jiwa)
1	2016	417.744	203.845	213.899
2	2017	422.732	206.421	216.311
3	2018	427.498	208.792	218.706

Sumber: Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta 2017-2019

4.1.2 Transportasi

Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang melekat dengan kehidupan sehari-hari manusia. Penggunaan transportasi juga menyesuaikan kebutuhan orang tersebut. Menurut data yang dihimpun oleh Badan Pusat

Statistika Kota Yogyakarta, pada di setiap tahunnya jalan kendaraan selalu mengalami kenaikan.

Tabel 4.2 Data jumlah kendaraan bermotor Kota Yogyakarta

No	Jenis Kendaraan	2016 (unit)	2017 (unit)	2018 (unit)
1	Mobil Penumpang	50562	54346	60780
2	Bus/Mikrobus	1056	1147	1230
3	Mobil Barang	10266	10623	11226
4	Kendaraan Khusus/truk	656	701	768
5	Sepeda Motor	303403	309373	341986
Total		365943	376190	415990

Sumber: Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta 2016-2019

Berdasarkan data pada tabel 4.2 diketahui peningkatan yang cukup signifikan terjadi pada jenis kendaraan mobil penumpang dan sepeda motor. Selain itu pada tahun 2018 mengalami peningkatan yang tinggi.

4.1.3 Beban Emisi Kendaraan Kota Yogyakarta

Berdasarkan dari jumlah kendaraan yang dihimpun dari Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta dari tahun 2016 hingga 2018 mengalami peningkatan. Untuk beban emisi yang digunakan merupakan emisi kendaraan karena sampling atau titik penelitian dilakukan di pinggir jalan.

Sedangkan untuk perhitungan dapat 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)

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

$$E (\text{mobil}) = 60828 \times 266,22 \times 0,12 \times 10^{-6}$$

E (mobil) = 1,9 ton/tahun

Secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3 Beban emisi kendaraan bermotor Kota Yogyakarta

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)	60828	64969	72006	0,12	1,9	2,1	2,3
2	Bus/Mikrobus	1056	1147	1230	1,4	0,394	0,427	0,458
3	Kendaraan Khusus/Truk	656	701	768	1,4	0,244	0,261	0,3
4	Sepeda Motor	303403	309373	341986	0,24	19,4	19,8	21,9
Total						22,0	22,5	24,9

Sumber: Data primer, 2020

Berdasarkan data beban emisi kota setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan. Sedangkan untuk beban emisi setiap lokasinya dapat dilihat berdasarkan beberapa tabel sebagai berikut:

Tabel 4.4 Beban emisi kendaraan bermotor di perempatan Mirota Kampus 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,193	0,12	0,002
2	Bus/Microbus	1230	0,193	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,193	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,193	0,24	0,016
Total					0,018

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.5 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Tentrem 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,097	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,097	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,097	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,097	0,24	0,008
Total					0,009

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.6 Beban emisi kendaraan bermotor di depan RS. PKU Muhammadiyah 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,09	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,09	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,09	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,09	0,24	0,007
Total					0,008

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.7 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Pasar Bringharjo 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,1	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,1	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,1	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,1	0,24	0,008
Total					0,009

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.8 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Saphir 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,119	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,119	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,119	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,119	0,24	0,010
Total					0,011

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.9 Beban emisi kendaraan bermotor di jalan Sabirin Kota Baru 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,374	0,12	0,003
2	Bus/Microbus	1230	0,374	1,4	0,001
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,374	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,374	0,24	0,031
Total					0,035

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.10 Beban emisi kendaraan bermotor di depan PT. Jogjatex 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,121	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,121	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,121	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,121	0,24	0,010
Total					0,011

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.11 Beban emisi kendaraan bermotor di depan Hotel Matahari 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,081	0,12	0,001
2	Bus/Microbus	1230	0,081	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,081	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,081	0,24	0,007
Total					0,008

Sumber: Data primer, 2020

Tabel 4.12 Beban emisi kendaraan bermotor di depan PT. Jogjatex 2018

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Volume Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi (E) (2018)
		(Unit)			
1	Mobil (Campur)	72006	0,049	0,12	0,000
2	Bus/Microbus	1230	0,049	1,4	0,000
3	Kendaraan Khusus/Truk	768	0,049	1,4	0,000
4	Sepeda Motor	341986	0,049	0,24	0,004
Total					0,005

Sumber: Data primer, 2020

4.1.4 Industri

Industri merupakan salah satu sektor yang sangat penting dalam peningkatan perekonomian. Terkhusus di Kota Yogyakarta jumlah industri berdasarkan Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta selalu mengalami peningkatan. Seperti yang ditampilkan pada tabel 4.3 dimana dari 2016 hingga 2018 selalu mengalami penambahan serta di tahun 2017 mengalami penambahan yang cukup tinggi dari tahun sebelumnya.

Tabel 4.13 Data jumlah industri Kota Yogyakarta

No	Tahun	Jumlah Industri (unit)
1	2016	154
2	2017	180
3	2018	186

Sumber: Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta 2017-2019

4.1.5 Meteorologi

Meteorologi merupakan faktor penting dalam menentukan atau mempengaruhi kualitas udara. Berdasarkan penelitian terdahulu menunjukkan hubungan konsentrasi PM₁₀ dengan meteorologi seperti curah hujan, temperatur, tekanan udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari (Abdullah dkk, 2011). Seperti pada data meteorologi kota Yogyakarta yang disajikan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.14 Data meteorologi Kota Yogyakarta

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

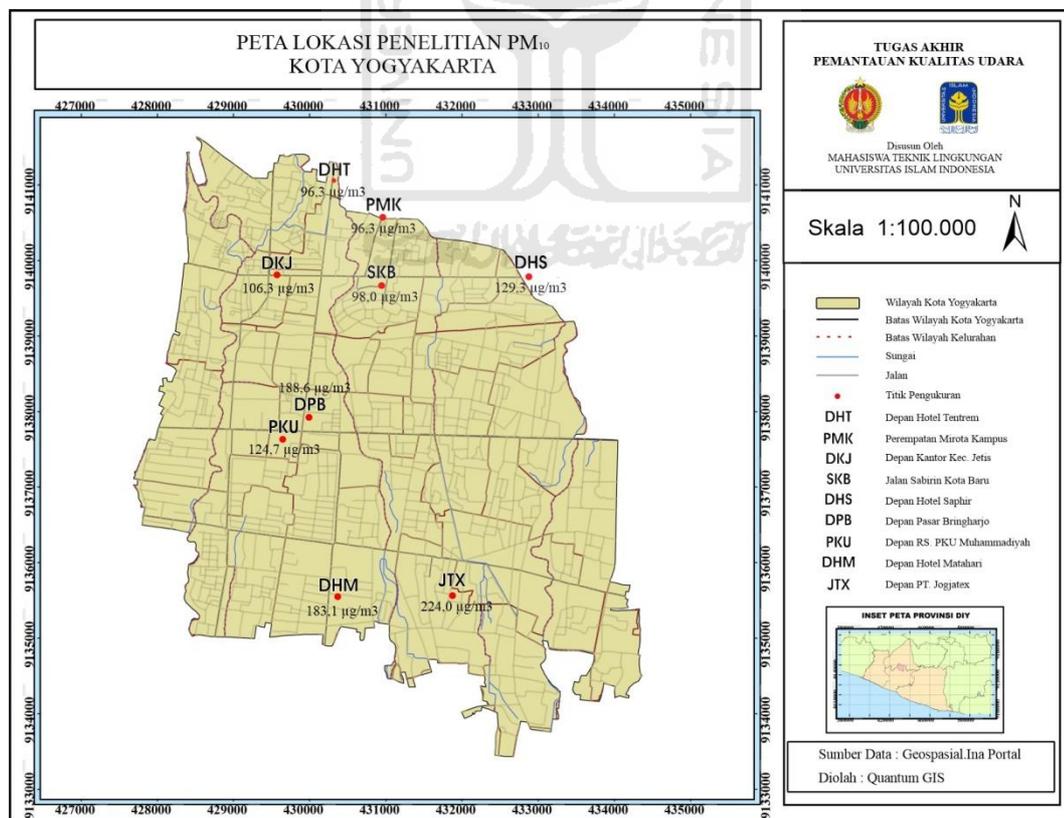
Sumber: BMKG, Stasiun Kelas I Yogyakarta 2016-2018

Data meteorologi Kota Yogyakarta diambil oleh BMKG dengan titik stasiun pemantauan Gamping, Sleman. Berdasarkan data tersebut diketahui untuk data suhu rata-rata, curah hujan, dan kelembaban mengalami penurunan. Sedangkan untuk tekanan udara dan kecepatan angin pada tahun 2016 ke 2017 mengalami penurunan yang cukup signifikan, namun ke 2018 mengalami kenaikan yang tidak begitu tinggi. Seperti pada data kecepatan angin pada tahun 2016 memiliki nilai 6,6 m/s namun di 2017 turun drastis sebesar 5,7 m/s atau pada tahun 2017 sebesar 0,9 m/s sedangkan pada tahun 2018 mengalami peningkatan namun tidak begitu signifikan yaitu sebesar 0,1 m/s. Perubahan yang cukup signifikan juga terjadi

pada data curah hujan tahun 2017 yaitu sebesar 211,9 mm dan mengalami penurunan yang cukup banyak di tahun 2018 menjadi 133,5 mm.

4.2 Konsentrasi PM₁₀ di Udara Ambien.

Konsentrasi *Particulate Matter* 10 μm (PM₁₀) di udara ambien kota Yogyakarta dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi DIY di 9 titik pemantauan dengan periode waktu 2016 hingga 2018. Lokasi pemantauan yang dipilih meliputi 5 (lima) wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Gondokusuman dengan titik sampling perempatan Mirota Kampus, Depan Hotel Saphir dan Jalan Sabirin Kota Baru, Kecamatan Jetis yang meliputi depan kantor kecamatan Jetis dan depan Hotel Tentrem, Kecamatan Gondomanan yang meliputi titik pantau depan Pasar Bringharjo dan depan RS PKU Muhammadiyah, Kecamatan Umbulharjo dengan titik pantau PT Jogjatex serta Kecamatan Mergangsan dengan titik pantau depan Hotel Matahari. Berikut merupakan sebaran berdasarkan peta administrasi Kota Yogyakarta sebagai berikut:



Gambar 4.2 Peta persebaran pemantauan PM₁₀ Kota Yogyakarta

Portal.Ina-sdi.or.id

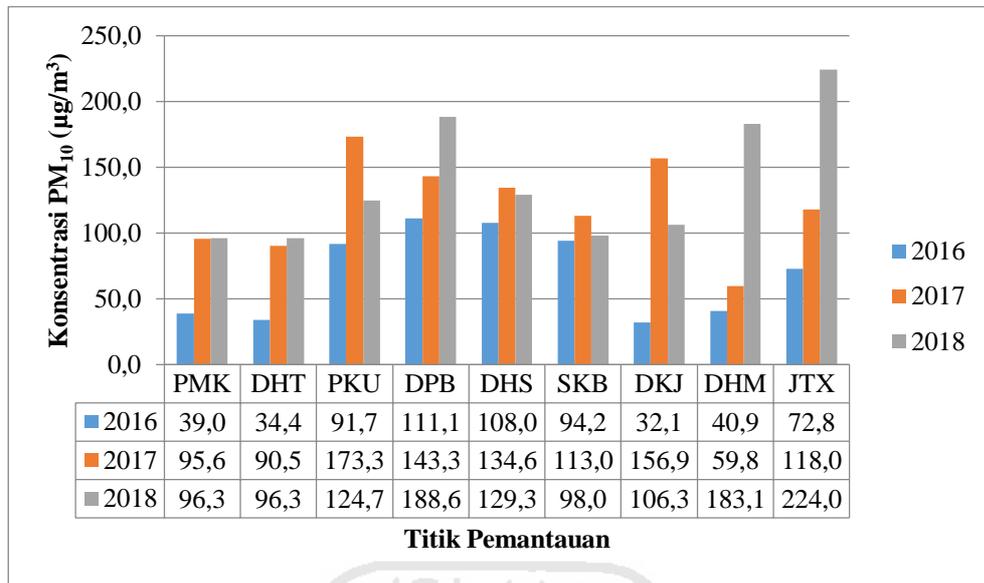
Berdasarkan Gambar 4.2 terdapat lokasi persebaran pemantauan PM₁₀ dengan berdasarkan data pemantauan pada tahun 2018. Pemantauan lebih banyak dilakukan di bagian utara Kota Yogyakarta namun untuk konsentrasi yang cukup besar berada di titik pemantauan bagian selatan. Untuk mengetahui nilai konsentrasi PM₁₀ pada tahun sebelumnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.15 Konsentrasi PM₁₀ di udara ambien

No	Lokasi (kode)	Parameter PM10 Berdasarkan Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2016	2017	2018
1	PMK	39,0	95,6	96,3
2	DHT	34,4	90,5	96,3
3	PKU	91,7	173,3	124,7
4	DPB	111,1	143,3	188,6
5	DHS	108,0	134,6	129,3
6	SKB	94,2	113,0	98,0
7	DKJ	32,1	156,9	106,3
8	DHM	40,9	59,8	183,1
9	JTX	72,8	118,0	224,0
Rata-rata		69,3	120,5	138,5

Sumber: IKPLHD, BLH DIY 2016-2018

Berdasarkan data pada tabel 4.5 tersebut, nilai konsentrasi PM₁₀ pada tahun 2017 mengalami kenaikan secara keseluruhan dan cukup signifikan. Namun pada 2018 beberapa lokasi mengalami penurunan seperti pada titik pantau jalan Sabirin Kota Baru, depan Kantor Kecamatan Jetis, depan RS PKU Muhammadiyah, serta depan Hotel Saphir.



Gambar 4.3 Konsentrasi PM₁₀

Berdasarkan gambar 4.3 diketahui dalam gambar tersebut terdapat data yang cukup menonjol dengan peningkatan dan penurunan yang cukup signifikan atau dapat dikatakan tidak mengikuti tren seperti data yang lain. Data pemantauan yang mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup besar berada di titik pemantauan depan RS. PKU Muhammadiyah Yogyakarta dan depan Kantor Kecamatan Jetis.

4.2.1 Konsentrasi PM₁₀ di Setiap Titik Pemantauan.

Berdasarkan pengamatan disetiap tahunnya konsentrasi setiap tahunnya selalu meningkat. Namun kenaikan tertinggi terjadi di tahun 2017 dengan konsentrasi pada tahun 2016 39,0 µg/m³ lalu peningkatan di tahun 2017 menjadi 95,6 µg/m³. Hal ini kemungkinan terjadi karena pada tahun 2017 terdapat rekayasa lalu lintas dengan penghilangan divider yang dilakukan oleh Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. Pada proses penghilangan divider atau pembatas jalan terdapat aktivitas konstruksi yang menghasilkan debu dalam pengerjaannya. Hal ini diperkuat dengan kondisi konsentrasi PM₁₀ menurut US-EPA (2013) dalam Hendra (2018), kegiatan dalam kegiatan konstruksi dapat menghasilkan partikulat khusus PM₁₀ yang dihasilkan dari proses pengangkutan material dan debu konstruksi.

Kondisi tidak jauh berbeda juga terjadi di lokasi pemantauan depan Hotel Tentrem. Dimana setiap tahunnya selalu mengalami kenaikan. Namun pada tahun 2017 juga mengalami kenaikan dari tahun 2016 yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2017 ke tahun 2018. Pada tahun 2017 Jalan AM. Sangaji sering terjadi kemacetan yang sangat parah. Jalan AM. Sangaji sendiri merupakan nama jalan yang berada di depan Hotel Tentrem. Hal ini lah yang diduga merupakan sumber penyebab tingginya konsentrasi PM_{10} di tahun 2017 dan tahun berikutnya. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Smith (1976) di dalam Fauziah (2017) dimana konsentrasi akan semakin tinggi apabila volume lalu lintas juga semakin padat.

Pada titik pemantauan depan RS. PKU Muhammadiyah, dikutip dari laman berita *Jogjapro.id* yang diakses pada 17 Juli 2020, di titik 0 kilometer Kota Yogyakarta terdapat proyek konstruksi pembangunan *Underground Toilet* pada tahun 2017. Berdasarkan pengukuran dari peta titik 0 kilometer hanya berjarak 280 meter dengan RS. PKU Muhammadiyah. Menurut US-EPA (2013) dalam Hendra (2018) kegiatan dalam kegiatan konstruksi dapat menghasilkan partikulat khusus PM_{10} yang dihasilkan dari proses pengangkutan material dan debu konstruksi. Hal ini yang memungkinkannya sebagai penyebab konsentrasi di depan RS. PKU Muhammadiyah pada tahun 2017 lebih tinggi dari tahun sebelumnya dan setelahnya dimana pada tahun 2016 memiliki konsentrasi sebesar $91,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lalu meningkat cukup tinggi di tahun 2017 menjadi $173,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan kembali menurun di tahun 2018 sehingga menjadi $124,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berdasarkan gambar 4.3 diketahui konsentrasi di setiap tahunnya selalu mengalami kenaikan. Kenaikan yang terjadi pun cenderung memiliki angka yang sama. Berdasarkan data Dinas Pariwisata Kota Yogyakarta setiap tahunnya data wisatawan yang mengunjungi Yogyakarta selalu mengalami peningkatan (Dinas Pariwisata Kota Yogyakarta, 2017). Hal ini yang mempengaruhi jumlah pengunjung dan jumlah mobilitas kendaraan bermotor yang berada di Kota Yogyakarta setiap tahunnya mengalami peningkatan. Khususnya di lokasi depan pasar Bringharjo yang berada di lokasi wisata Jalan Malioboro yang notabene

merupakan tempat tujuan wisata. Karena kondisi yang semakin padat maka peningkatan konsentrasi PM_{10} yang terjadi pun dipengaruhi oleh kendaraan. Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Smith (1976) di dalam Fauzia (2017) yang menunjukkan konsentrasi PM_{10} meningkat dibarengi dengan meningkatnya volume lalu lintas.

Kondisi konsentrasi PM_{10} di depan Hotel Saphir mengalami kenaikan dan penurunan. Konsentrasi tertinggi terjadi pada tahun 2017 namun penurunan terjadi di tahun 2018. Diketahui pada tahun 2017 di Jalan Adi Sucipto atau tepatnya di depan Hotel Saphir terdapat proyek pembangunan trotoar. Pada pembangunan trotoar sendiri menghasilkan parikel debu yang dimana menurut US-EPA (2013) dalam Hendra (2018) kegiatan dalam kegiatan konstruksi dapat menghasilkan partikulat khusus PM_{10} yang dihasilkan dari proses pengangkutan material dan debu konstruksi.

Berdasarkan gambar 4.3 pada lokasi di depan Hotel Saphir diketahui konsentrasi mengalami naik-turun disetiap tahunnya. Konsentrasi yang mengalami kenaikan terjadi di tahun 2017 dan penurunan kembali di tahun 2018. Peningkatan dan penurunan tidak begitu signifikan. Namun dari tahun 2016 terjadi kenaikan. Sehingga terjadinya peningkatan konsentrasi juga dipengaruhi kondisi meteorologi. Dimana menurut Abdullah (2011) faktor meteorologi memiliki peran penting dalam peningkatan terjadi konsentrasi PM_{10} .

Berdasarkan pemantauan di depan Kantor Kecamatan Jetis mengalami peningkatan yang cukup signifikan di tahun 2017 dan penurunan di tahun 2018. Kepadatan di daerah sekitar depan Kantor Kecamatan Jetis semakin meningkat mengikuti jumlah kendaraan yang setiap tahunnya selalu bertambah berdasarkan BPS Kota Yogyakarta tahun 2016-2018. Seperti yang diperkuat dalam penelitian yang dilakukan oleh Smith (1976) di dalam Fauziah (2017) dimana konsentrasi akan semakin tinggi apabila volume lalu lintas juga semakin padat.

Berdasarkan gambar 4.3 pada lokasi pemantauan di depan Kantor Kecamatan Jetis meskipun setiap tahunnya mengalami kenaikan konsentrasi PM_{10} , namun di tahun 2018 mengalami kenaikan yang signifikan dari tahun 2017 yang hanya sebesar $59,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan di tahun 2018 menjadi $183,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

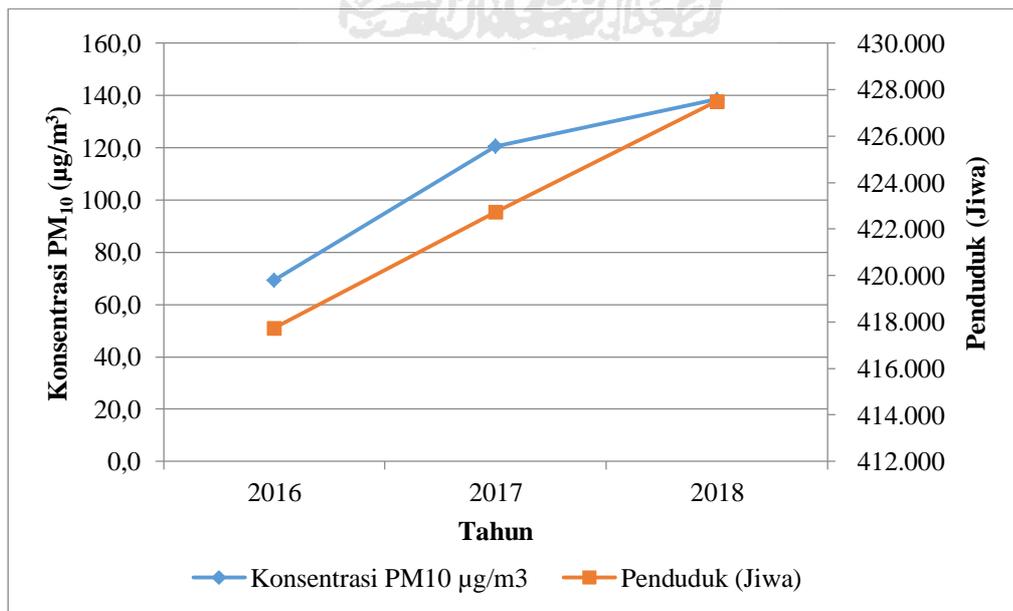
Kemungkinan terjadinya peningkatan untuk di lokasi tersebut disebabkan oleh jumlah kendaraan yang terus meningkat di setiap tahunnya. Sebab di lokasi tersebut pada tahun 2018 tidak terdapat pembangunan atau aktivitas konstruksi.

Diketahui gambar 4.3 konsentrasi PM₁₀ di PT. Jogjatex setiap tahunnya mengalami peningkatan. Pada tahun 2016 konsentrasi PM₁₀ sebesar 72,8 µg/m³, di tahun 2017 konsentrasi PM₁₀ sebesar 118 µg/m³ dan di tahun terakhir 2018 konsentrasi PM₁₀ sebesar 224 µg/m³. Peneliti berpendapat kenaikan yang terus menerus mengalami kenaikan dibarengi dengan produksi industri yang terus berjalan dan kondisi meteorologi yang mempengaruhi peningkatan konsentrasi PM₁₀ (Abdullah, 2011).

4.3 Perbandingan PM₁₀ dengan Kondisi di Lapangan

4.3.1 Kependudukan

Penduduk merupakan salah satu faktor untuk mengetahui pengaruh terhadap kualitas udara ambien. Dimana semakin banyak penduduk maka tingkat mobilisasi atau aktivitas yang terjadi di wilayah tersebut juga meningkat. Berikut merupakan tabel perbandingan antara tingkat konsentrasi PM₁₀ di Yogyakarta dengan jumlah penduduk.



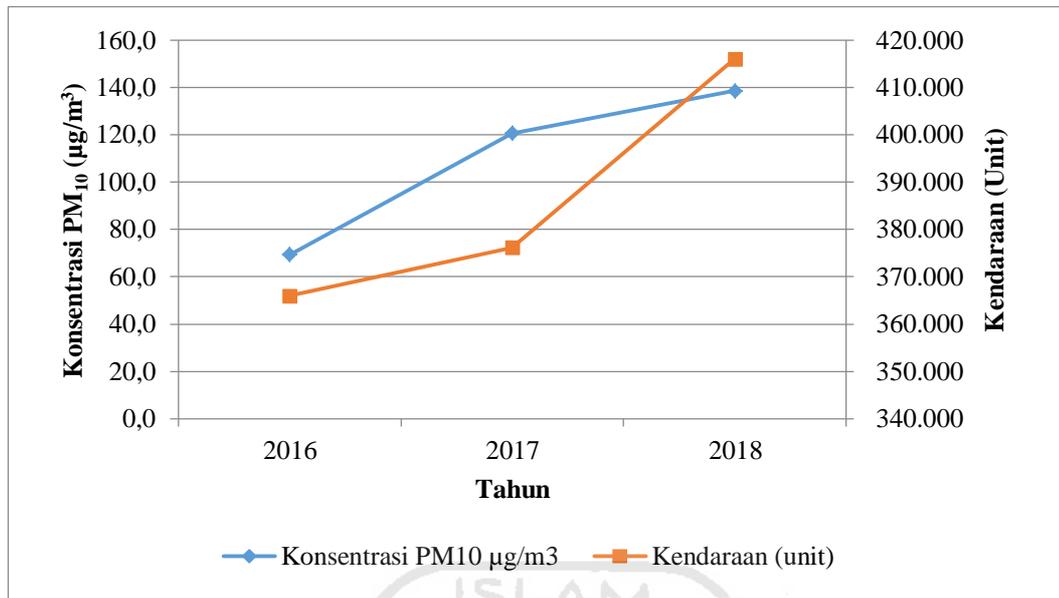
Gambar 4.4 Perbandingan PM10 dengan jumlah penduduk

Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa kedua data menunjukkan kenaikan yang cukup tinggi. Dimana konsentrasi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Hal ini berkaitan dengan tingkat aktivitas penduduk yang semakin tinggi. Dimana apabila penduduk suatu wilayah bertambah maka aktivitas di suatu kota tersebut juga meningkat sehingga kebutuhan kendaraan dan maupun kegiatan perekonomian yang memicu adanya peningkatan pencemaran di udara.

Jumlah kependudukan mempengaruhi adanya peningkatan konsentrasi PM_{10} yang ada di udara ambien atau dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penduduk di Kota Yogyakarta maka konsentrasi PM_{10} di udara ambien Kota Yogyakarta juga mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan produktivitas atau aktivitas warga juga mengalami peningkatan sehingga memicu terjadinya emisi PM_{10} di udara akibat kegiatan warga/masyarakat di Kota Yogyakarta.

4.3.2 Transportasi

Kendaraan merupakan salah satu alat yang melekat dalam kegiatan sehari-hari manusia yang turut dalam menyumbang emisi keudara karena penggunaan bahan bakar fosil. Menurut Yanismai (2003) sektor transportasi menyumbang 70% pencemaran lingkungan yang ada di udara ambien. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara jumlah kendaraan bermotor di kota Yogyakarta dengan konsentrasi PM_{10} di udara ambien Kota Yogyakarta. Berikut merupakan data konsentrasi PM_{10} dengan jumlah kendaraan bermotor di Kota Yogyakarta.



Gambar 4.5 Perbandingan PM₁₀ dengan jumlah kendaraan

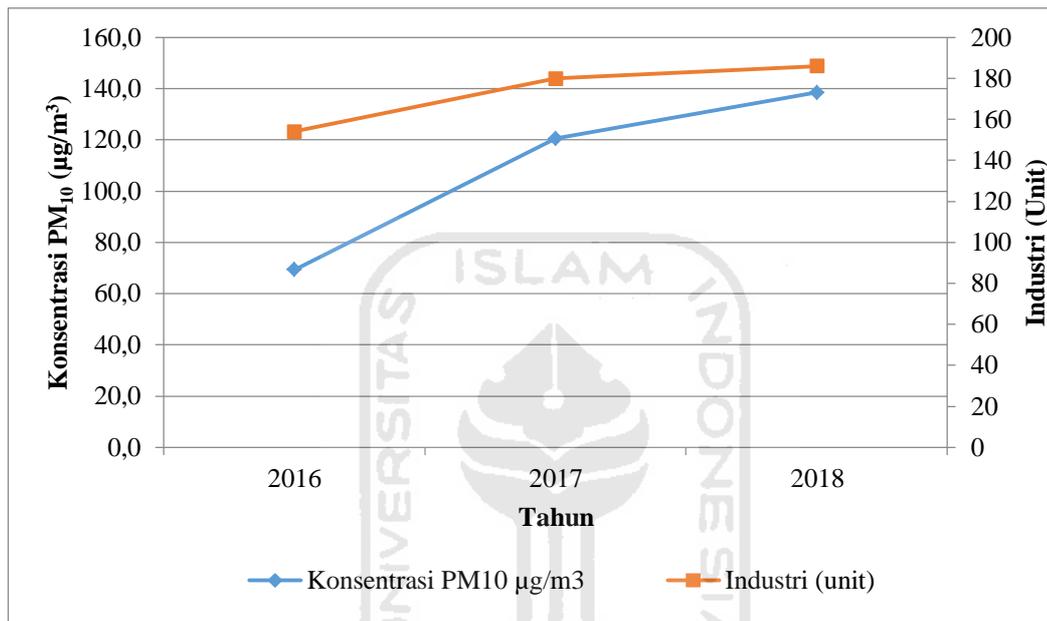
Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Kota Yogyakarta juga dibarengi dengan peningkatan konsentrasi PM₁₀ di udara ambien kota Yogyakarta. Hal ini juga berhubungan dengan peningkatan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan yang meningkat sehingga mobilisasi juga tinggi. Diketahui juga berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup (2012) emisi dari kendaraan bermotor menghasilkan 1,33% partikulat ke udara. Sehingga meningkatnya kendaraan juga mempengaruhi peningkatan PM₁₀ di udara ambien Kota Yogyakarta.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Smith (1976) di dalam Fauziah (2017) bahwa apabila volume kendaraan bermotor semakin padat maka dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi PM₁₀ di udara ambien. Selain itu juga kandungan partikel di jalan tergantung pada jarak sumber pencemar, jenis pohon, kerapatan pohon dan kepadatan lalu lintas.

4.3.3 Industri

Industri merupakan salah satu sumber pencemaran udara karena penggunaan bahan bakar baik fosil maupun non fosil. Seperti yang disebutkan oleh Soedamo (2001) bahwa sektor industri memberikan emisi pencemaran salah satunya berupa partikulat. Besarnya kontribusi tersebut disebabkan oleh

pemakaian bahan bakar berat seperti jenis residu, solar dan disel. Adapun gambaran jenis-jenis industri yang ada di Yogyakarta kebanyakan merupakan industri kecil menengah dengan beberapa diantaranya seperti industri tekstil seperti PT. Jogjatex, industri batik rumahan, serta industri makanan seperti bakpia. Untuk mengetahui perbandingan rata-rata konsentrasi PM_{10} dengan jumlah industri dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6 Perbandingan PM_{10} dengan jumlah industri

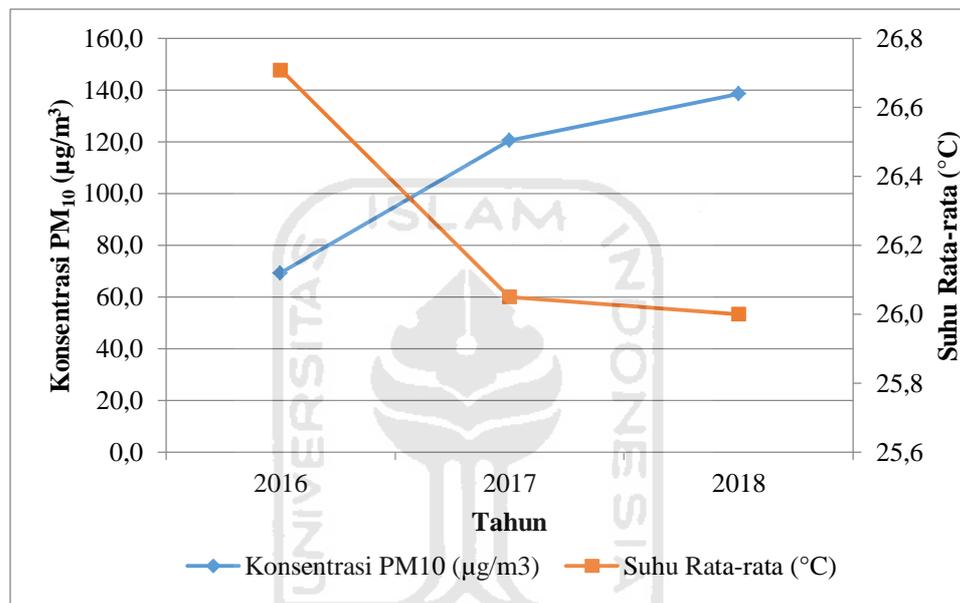
4.3.4 Meteorologi

Meteorologis merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan tingkat konsentrasi pencemaran di suatu usaha. Maka dari itu penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan tingkat konsentrasi PM_{10} yang ada di Kota Yogyakarta ini dengan kondisi meteorologi di Yogyakarta. Berikut adalah beberapa faktor meteorologi:

a. Suhu Udara

Suhu udara memiliki peranan penting dalam menentukan banyaknya partikulat di udara ambien. Menurut Cahyadi (2016) Suhu udara yang tinggi dapat mengakibatkan keadaan lingkungan menjadi panas dan kering sehingga polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahamayana (2014)

menyatakan semakin tingginya suhu udara di suatu tempat penelitian maka konsentrasi pencemaran di udara akan semakin rendah. Peningkatan suhu ini yang menyebabkan kerapatan densitas dipermukaan bumi lebih rendah jika dibandingkan dengan udara yang berada di atasnya yang menyebabkan terjadinya konveksi ke atas sehingga konsentrasi polutan menjadi lebih rendah dan begitu juga sebaliknya. Seperti yang terlampir dalam gambar 4.7 berikut:

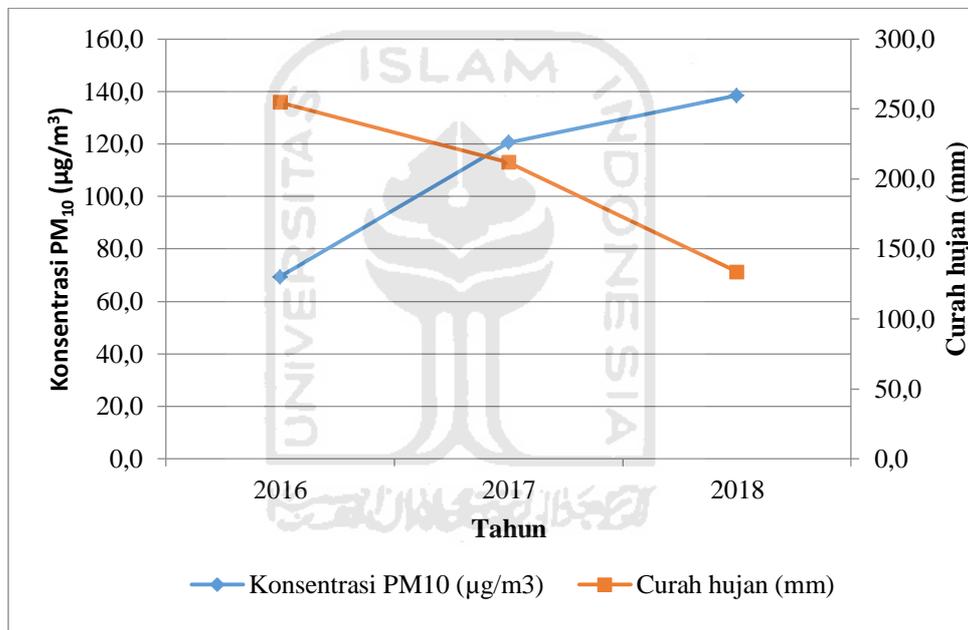


Gambar 4.7 Perbandingan PM_{10} dengan suhu

Diketahui dari data yang tertera pada gambar 4.7 tersebut dimana konsentrasi PM_{10} di udara semakin meningkat namun suhu udara turun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Holst *et al.* (2008), parameter suhu dan tekanan udara tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap persebaran konsentrasi PM_{10} di udara ambien, namun suhu udara hanya berpengaruh terhadap pembentukan PM_{10} . Namun menurut Chaloulakou *et al.* (2003), konsentrasi PM_{10} akan tinggi sepanjang hari yang panas, karena adanya proses *photochemical* pada hari pada hari dengan intensitas matahari yang tinggi. Sehingga apabila dilihat dari data tersebut peningkatan konsentrasi PM_{10} di udara tidak dipengaruhi oleh penurunan suhu udara.

b. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh partikulat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhaimin (2014) pada musim kemarau konsentrasi partikulat akan semakin tinggi, sedangkan pada musim penghujan konsentrasi partikulat akan semakin rendah. Hal ini diakibatkan oleh zat pencemar di atmosfer mengalami penghilangan yang disebabkan oleh pencucian dari air hujan. Untuk mengetahui hubungan dari kedua data tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut:



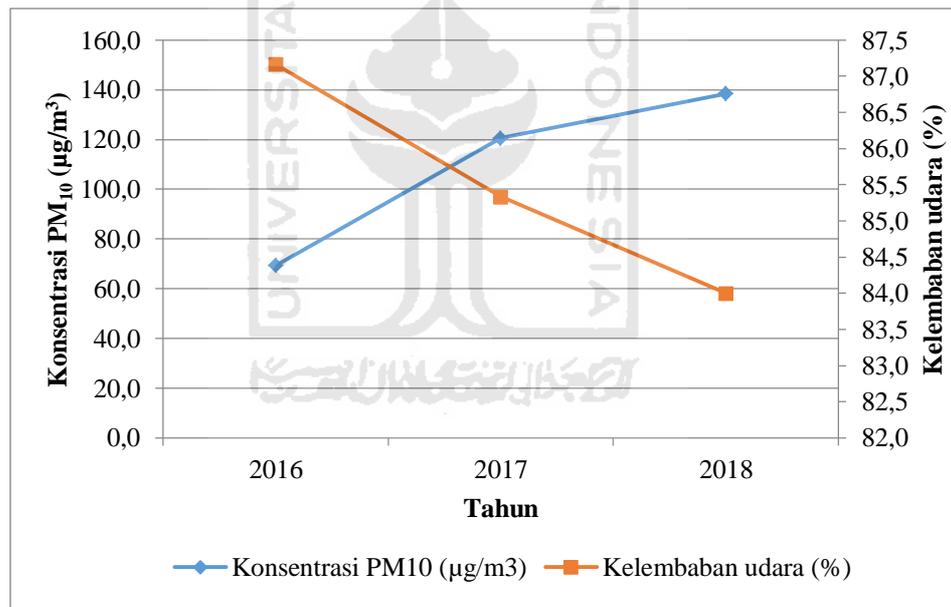
Gambar 4.8 Perbandingan PM₁₀ dengan curah hujan

Berdasarkan data pada gambar tersebut diketahui konsentrasi meningkat dengan intensitas curah hujan yang menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhaimin (2014) konsentrasi partikulat di udara kota Yogyakarta semakin tinggi karena intensitas hujan yang terjadi disetiap tahunnya mengalami penurunan. Berdasarkan penelitian lain yang dilakukan oleh Puspitasari (2011), menunjukkan bahwa pada musim penghujan PM₁₀ yang berada di atmosfer mengalami penurunan karena ikut terbawa bersama air ketika hujan turun. Sehingga dari teori dan

penelitian sebelumnya, data yang didapat menunjukkan kesesuaian sebab curah hujan menurun sedangkan konsentrasi PM_{10} meningkat.

c. Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan suatu kondisi yang menyatakan banyaknya uap air yang ada di udara. Menurut Fardiaz (2003) udara yang lembab akan membantu proses pengendapan suatu bahan pencemar, karena saat udara lembab bahan pencemar seperti partikulat akan berikatan dengan air yang ada di dalam udara serta membentuk partikel yang berukuran lebih besar yang kemudian jatuh ke permukaan bumi. Untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara kondisi kelembaban udara dan konsentrasi PM_{10} yang ada di Yogyakarta dapat dilihat dari grafik berikut:



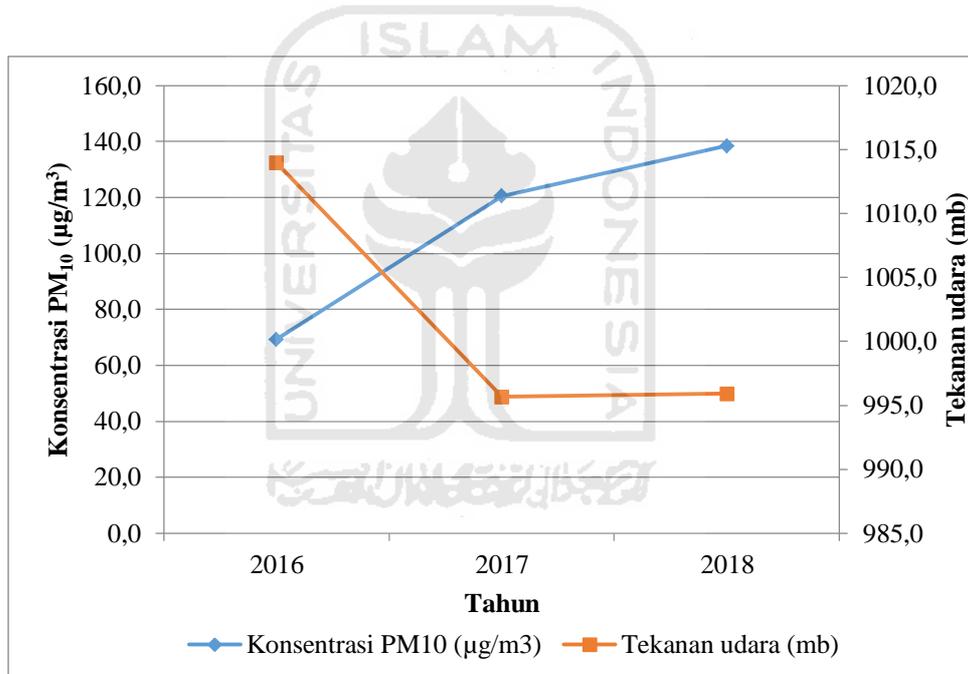
Gambar 4.9 Perbandingan PM_{10} dengan kelembaban udara

Berdasarkan gambar 4.9 diketahui bahwa kenaikan konsentrasi PM_{10} tidak sama dengan kelembaban udara yang setiap tahunnya semakin menurun. Penurunan kelembaban udara juga mempengaruhi peningkatan konsentrasi PM_{10} . Sehingga tingkat data tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi *et al.* (2016) bahwa PM_{10} memiliki hubungan keterbalikan dengan kelembaban udara, sebab kelembaban udara yang rendah memiliki keadaan udara yang kering

sehingga akan menaikkan konsentrasi partikulat. Hal ini yang menyebabkan polutan mudah terangkat ke udara bebas sehingga konsentrasi partikulat meningkat.

d. Tekanan Udara

Perbedaan tekanan udara pada dasarnya mempengaruhi kecepatan angin. Antara sumber angin dengan arah angin akan mempengaruhi terjadinya penurunan suhu udara dan tekanan udara seiring dengan bertambah tingginya suatu polutan. Apabila suhu udara semakin rendah maka kadar polutan di udara akan semakin meningkat begitu juga sebaliknya.

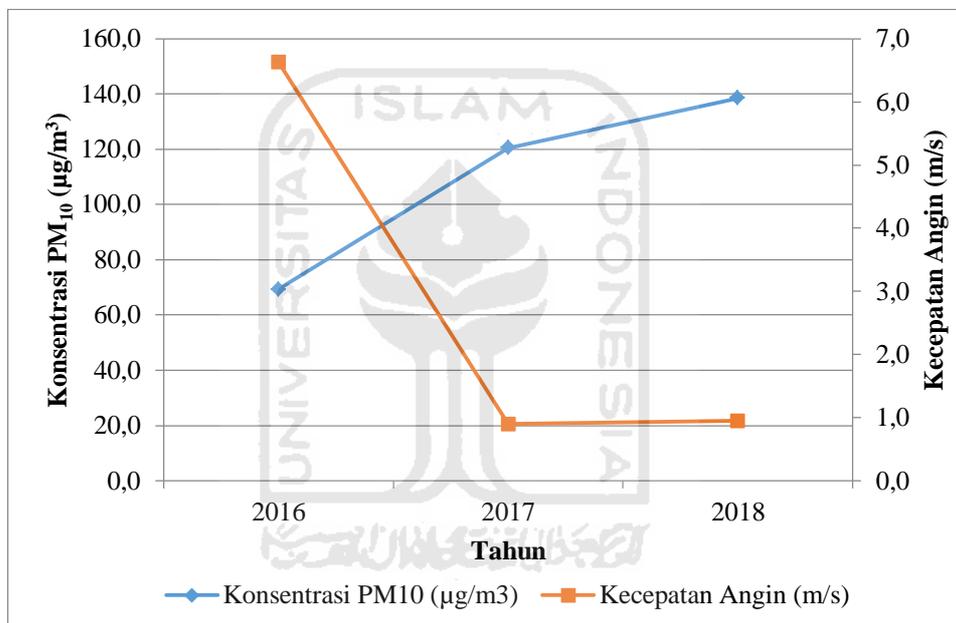


Gambar 4.10 Perbandingan PM_{10} dengan tekanan udara

Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi PM_{10} secara teori berbanding dengan penurunan tekanan udara meskipun pada tahun 2018 terdapat kenaikan, namun tidak signifikan di tahun sebelumnya. Secara teori seharusnya penurunan tekanan udara juga dibarengi dengan penurunan konsentrasi PM_{10} di udara.

e. Kecepatan Angin

Menurut Tjasjono (1999) Kecepatan angin merupakan udara bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara yang rendah. Kecepatan angin juga mempengaruhi jumlah konsentrasi pencemar yang ada di atmosfer. Semakin tinggi kecepatan angin maka pencemaran polutan dan sumber emisi di atmosfer semakin besar. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk melihat hubungan antara kecepatan angin dengan konsentrasi PM_{10} dengan data sebagai berikut.



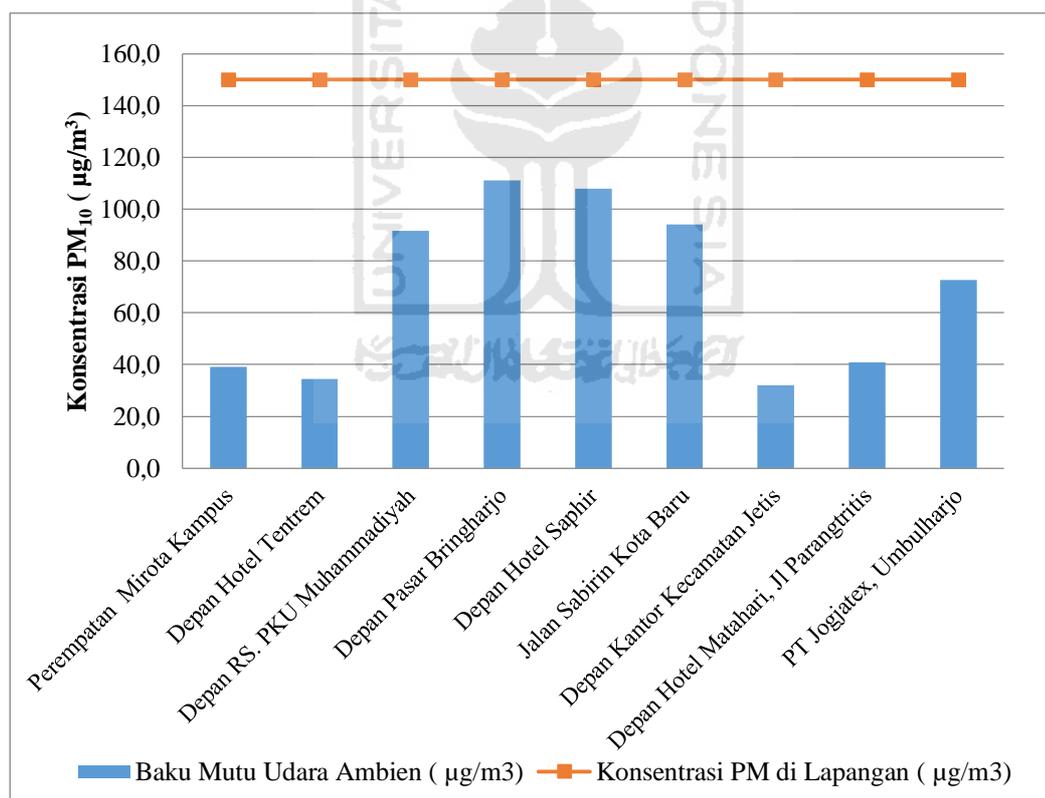
Gambar 4.11 Perbandingan PM_{10} dengan kecepatan angin

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa nilai kecepatan angin pada tahun 2017 mengalami penurunan lalu di 2018 mengalami peningkatan. Sedangkan pada nilai konsentrasi PM_{10} setiap tahunnya mengalami kenaikan. Hal ini berbanding terbalik dengan teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi konsentrasi atau sebaliknya. Menurut Sofiati (2013), kecepatan angin merupakan salah satu parameter meteorologi yang sangat berpengaruh terhadap persebaran konsentrasi PM_{10} di udara. Di mana konsentrasi PM_{10} akan meningkat atau tinggi apabila kecepatan angin rendah, dan saat

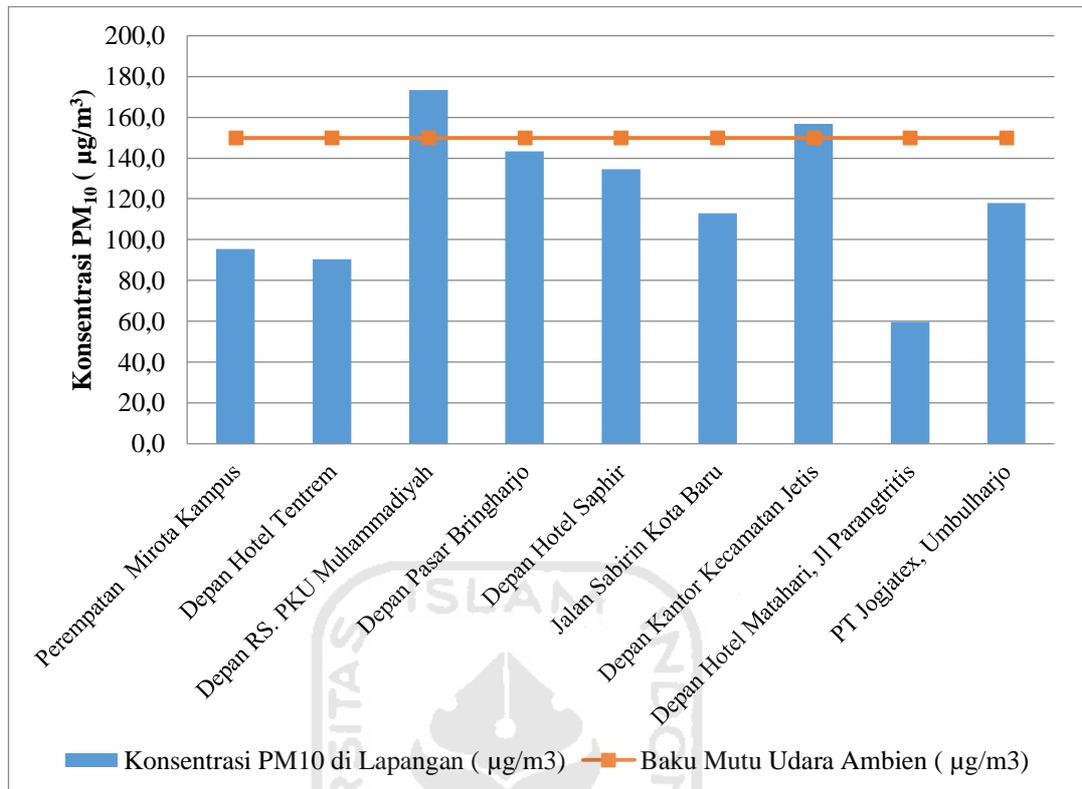
konsentrasi PM_{10} rendah maka kecepatan angin sedang tinggi. Apabila kecepatan angin tinggi maka akan meratakan konsentrasi PM_{10} sehingga akan menurunkan konsentrasi, namun apabila kecepatan angin rendah maka PM_{10} tidak tersebar sehingga akan menumpuk di satu lokasi (Dwi dkk., 2014). Sesuai penjelasan tersebut maka data penelitian dapat dikatakan sesuai dengan teori dan penelitian-penelitian terdahulu.

4.4 Perbandingan Konsentrasi PM_{10} dengan Baku Mutu Udara Ambien

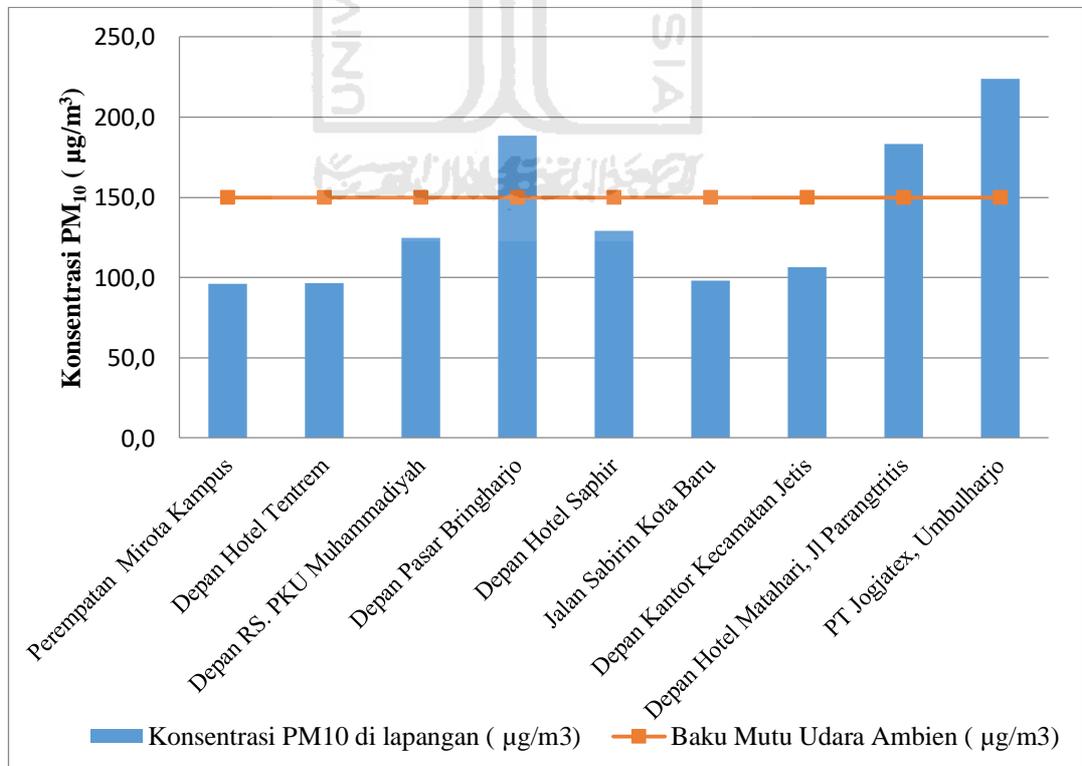
Berdasarkan data pemantauan yang dilakukan oleh BLH Provinsi DIY pada 9 titik dengan rentan waktu tahun 2016 hingga 2018 kemudian dibandingkan nilai baku mutu udara ambien berdasarkan Pergub DIY No. 153 Tahun 2002. Untuk mengetahui titik pantau yang melebihi baku mutu kemudian disajikan dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 4.12 Perbandingan dengan baku mutu 2016



Gambar 4.13 Perbandingan dengan baku mutu 2017



Gambar 4.14 Perbandingan dengan baku mutu 2018

Ketiga gambar tersebut disajikan dengan pengelompokan sesuai tahun. Dari ketiga gambar terlihat beberapa titik yang melebihi baku mutu udara ambien. Beberapa yang melebihi baku mutu terjadi di tahun 2017 dan 2018. Pada tahun 2017 terdapat nilai konsentrasi yang melebihi baku mutu diantara di titik pemantauan depan RS PKU Muhammadiyah yaitu sebesar $173,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ serta di depan kantor kecamatan Jetis sebesar $156,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selain itu terdapat dua titik yang mendekati baku mutu diantaranya depan pasar Bringharjo sebesar $143,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di depan hotel Saphir sebesar $134,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian di tahun 2018 terdapat tiga titik pemantauan yang melebihi nilai baku mutu. Ketiga lokasi tersebut berada di titik pemantauan di depan pasar Bringharjo sebesar $188,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, titik berikutnya berada di depan hotel Matahari sebesar $183,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ serta di titik pemantauan PT Jogjatex sebesar $224 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kemudian terdapat dua titik pemantauan yang mendekati nilai baku mutu diantaranya adalah titik pemantauan depan Hotel Saphir sebesar $129,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dimana besaran konsentrasi menurun dibanding tahun berikutnya serta di titik pemantauan depan RS. PKU Muhammadiyah yang di tahun sebelumnya melebihi baku mutu menjadi $124,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berdasarkan kondisi tersebut diperlukan adanya pengelolaan lingkungan yang tepat. Sebab meski beberapa titik mengalami penurunan konsentrasi namun rata-rata konsentrasi di setiap titiknya mengalami peningkatan.

4.5 Hasil Kuesioner

4.5.1 Waktu Paparan

Waktu paparan (t_E) ditentukan dari kuesioner atau wawancara secara langsung terhadap pedagang yang bersangkutan. Dimana untuk jam kerja setiap pedagangnya memiliki rentan waktu yang berbeda-beda. Dari jam kerja yang bervariasi ini untuk dari 5 jam hingga 15 jam kerja di setiap harinya.

4.5.2 Frekuensi Paparan

Frekuensi paparan (f_e) merupakan hitungan jumlah hari kerja dalam setahun paparan yang diterima oleh para pedagang. Setiap pedagangnya memiliki

waktu hari kerja yang berbeda-beda tentunya karena pengatur hari kerja merupakan pedagang itu sendiri. Berdasarkan data wawancara/kuesioner hampir seluruh pedagang bekerja selama 6 hari dalam seminggu. Sehingga dalam setahun jumlah hari kerja/berdagang yaitu selama 312 hari.

4.5.3 Durasi Pajanan

Durasi pajanan merupakan lama pedagang tersebut bekerja atau berjualan dalam hitungan tahun. Durasi lama bekerja untuk menghitung pajanan secara *realtime* diketahui bervariasi berdasarkan pedagang tersebut mulai berdagang hingga pada saat pengambilan data yaitu di bulan September 2020. Sedangkan untuk menghitung pajanan *lifetime* karena waktu yang tidak menentu, sehingga menggunakan 30 tahun berdasarkan *default residensial* dari US.EPA

4.5.4 Status Merokok

Secara keseluruhan sampel pedagang yang berada di setiap lokasi penelitian memiliki kebiasaan merokok yang lebih banyak namun tidak signifikan. Berikut merupakan tabel distribusi di keseluruhan lokasi:

Tabel 4.16 Distribusi status merokok pedagang di seluruh lokasi penelitian

Kebiasaan Merokok	Jumlah	Persentase (%)
Merokok	19	54,3
Tidak Merokok	16	45,7

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan sumber data kuesioner atau wawancara hampir secara keseluruhan pedagang laki-laki merokok.

4.5.5 Keluhan Kesehatan

Keluhan kesehatan berasal dari kuesioner pada seluruh sampel responden pedagang di seluruh lokasi yang disajikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 4.17 Distribusi keluhan penyakit pedagang di seluruh lokasi penelitian

Keluhan	Jumlah Responden	Persentase (%)
Batuk Kronik (sulit disembuhkan).	6	17,1
Sesak napas saat melakukan aktivitas normal.	5	14,3
Bengkak pada pergelangan kaki, kaki atau betis).	0	0,0
Siniosis pada kuku maupun bibir.	0	0,0
Mudah lelah.	14	40
Mengi.	1	2,9
Hidung tersumbat.	3	8,6
Sakit kepala.	1	2,9
Pilek.	4	11,4
Bersin.	4	11,4

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan data yang didapatkan, dari seluruh pedagang kebanyakan mengalami gejala mudah lelah yaitu sebanyak 40% responden serta gejala-gejala lain sebagaimana dalam tabel tersebut. Kebanyakan pedagang merasa gejala penyakit yang ditanyakan merupakan gejala biasa dengan jangka waktu yang sebentar. Namun sebagian gejala menunjukkan bahwa beberapa pedagang memiliki potensi terkena penyakit paru obstruktif kronis atau peradangan pada paru-paru.

4.6 Analisa Risiko PM₁₀

Untuk mengetahui risiko terhadap kesehatan yang diakibatkan oleh PM₁₀ maka dilakukan studi analisis risiko. Dalam menggunakan metode ini diperlukan beberapa informasi dalam perhitungan, seperti agen pajanan, antropometri serta pola aktivitas. Namun pada penelitian ini hanya terdapat data agen pajanan maka hanya bias dilakukan untuk simulasi proses analisis risiko. Sedangkan untuk data antropometri dan pola aktivitas diasumsikan berdasarkan referensi-referensi yang mendekati situasi yang sebenarnya.

4.6.1 Konsentrasi Paparan

Pada penelitian ini menggunakan konsentrasi paparan hasil pemantauan BLH Provinsi DIY. Karena bersifat menyeluruh untuk itu menggunakan data rata-rata konsentrasi PM₁₀ di Kota Yogyakarta. Data yang digunakan merupakan data konsentrasi PM₁₀ di setiap titik pemantauan pada tahun 2018 karena merupakan data terbaru.

4.6.2 Analisis Dosis Respon

Nilai besaran kuantitatif dosis-respons suatu agen risiko dinyatakan sebagai RfD (*Reference Dose*). Nilai RfC adalah nilai acuan untuk dosis non karsinogenik untuk inhalasi. Nilai RfC didapatkan berdasarkan perhitungan pembagian NOAEL dengan UF (*Uncertainty Factor*) dan MF (*Modifying Factor*). Sedangkan pada penelitian ini tidak melakukan penghitungan dikarenakan nilai RfC untuk PM₁₀ telah ditentukan oleh US-EPA sebesar 0,014 mg/kg/hari (Nukman *et al.*, 2005). Nilai RfC digunakan untuk menentukan karakteristik risiko.

4.6.3 Analisis Paparan PM₁₀

Analisis paparan PM₁₀ digunakan untuk memperkirakan jumlah paparan PM₁₀ yang masuk dalam tubuh pedagang di Kota Yogyakarta. Untuk menentukan paparan yang masuk dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (4.1)$$

I = Intake / asupan (mg/kg/hari).

W_b = Berat badan (kg).

t_E = Lama paparan harian (jam/hari).

f_E = Frekuensi paparan (hari/tahun).

D_t = Durasi Paparan (tahun), merupakan nilai *default* residensial menurut EPA yaitu 30 tahun (Kolluru *et al.*, 1996).

t_{avg} = Waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik).

C = Konsentrasi *risk agent* (mg/m³).

R = Laju Inhalasi (m³/jam), menggunakan nilai 20 m³ (Kolluru *et al.*, 1996) dengan konversi menjadi 0,83 m³/jam.

Analisis pajanan dilakukan dengan menghitung *intake* PM₁₀ dengan memasukan nilai variabel yang dibutuhkan untuk menghitung. Konsentrasi yang digunakan merupakan data konsentrasi PM₁₀ yang didapatkan dari hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.6.3.1 Perhitungan *Intake* Pajanan Non Karsinogenik

Perhitungan pajanan non karsinogenik digunakan untuk memperhitungkan efek non kanker yang diperkirakan terjadi pada penduduk yang bekerja sebagai pedagang di Kota Yogyakarta pada waktu *lifetime*. Berdasarkan data primer menggunakan kuesioner sebagai contoh salah satunya pedagang tersebut bekerja selama 12 jam. Berikut merupakan contoh perhitungan *intake* non karsinogenik sebagai berikut:

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

Diketahui: C = 0,096 mg/m³ Wb = 85 kg
R = 0,83 m³/jam t_{avg} = 30 x 365 hari/tahun
t_E = 12 jam Dt = 33 tahun
f_E = 312 hari/ tahun

$$I_{Realtime} = \frac{0,96 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 m^3 \times 12 jam \times 312 \frac{hari}{tahun} \times 33 tahun}{85 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}} \\ = 0,0106 mg/kg/hari$$

$$I_{Lifetime} = \frac{0,96 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 m^3 \times 12 jam \times 312 \frac{hari}{tahun} \times 30 tahun}{85 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}} \\ = 0,0096 mg/kg/hari$$

4.6.3.2 Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko atau RQ dihitung untuk menentukan manajemen risiko. RQ menyatakan potensi risiko yang terjadi. Apabila $RQ > 1$ maka kemungkinan risiko terjadi. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk menentukan nilai RQ.

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC} \quad (4.2)$$

I_{nk} : Intake Non Karsinogenik (mg/kg/hari)

RfC : Reference Concentration (mg/kg/hari)

Menurut Sukadi (2014), paparan PM_{10} dapat ditentukan dengan cara menghitung nilai *intake* sedangkan untuk mengetahui karakter risiko dapat dihitung menggunakan persamaan RQ. Namun untuk menentukan dampak karsinogenik PM_{10} belum dapat ditentukan karena PM_{10} tidak memiliki nilai *Cancer Slope Factor* (CSF). Nilai konsentrasi referensi (RfC) untuk PM_{10} diketahui belum terdaftar pada *Integrated Risk Information System* (IRIS) maupun *Minimum Risk Level* (MRL), sehingga nilai konsentrasi referensi untuk PM_{10} ditentukan berdasarkan baku primer *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) untuk PM_{10} sebesar $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (*arithmetic mean* tahunan). Berdasarkan konsentrasi aman $I=RfC$ artinya *intake* aman pada responden sebesar nilai RfC, dengan nilai *default* $R=0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$, $t_E=24 \text{ jam/hari}$, $f_E=350 \text{ hari/tahun}$, $W_b=70 \text{ kg}$, $t_{Avg}=365 \text{ hari/tahun}$. Maka nilai konsentrasi referensi (RfC) PM_{10} adalah $0,014 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$ (Ruslinda dkk., 2015).

Sebagai contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan *intake* di depan Hotel Saphir diketahui sebagai berikut:

Diketahui $I_{nk \text{ realtime}} = 0,0106 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$

$I_{nk \text{ lifetime}} = 0,0096 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$

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

$$RQ \text{ realtime } PM_{10} = \frac{0,0106}{0,014} = 0,76$$

$$RQ \text{ lifetime } PM10 = \frac{0,0096}{0,014} = 0,69$$

Setelah mendapatkan nilai 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 menggunakan konsentrasi *Intake* di perempatan Mirota Kampus dengan asumsi yang terpapar adalah pedagang didapatkan RQ *realtime* 0,76 serta RQ *lifetime* 0,69. Sedangkan untuk data karakteristik risiko pada pedagang di lainnya disajikan dalam tabel sebagai berikut:



Tabel 4.18 Data responden dan perhitungan analisis risiko PM₁₀ pada pedagang di Kota Yogyakarta

Nomor Responden	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m ³)	Waktu Paparan / t _E (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f _E (hari/tahun)	Durasi Paparan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W _b (kg)	Inhalation Rate/R	Intake Realtime (mg/kg/hari)	Intake Lifetime (mg/kg/hari)	(RQ) Realtime	Tingkat Resiko	(RQ) Lifetime	Tingkat Resiko
PMK1	0,09626	12	312	33	52	85	0,83	0,0106	0,0096	0,76	TB	0,69	TB
PMK2	0,09626	8	312	15	52	74	0,83	0,0037	0,0074	0,26	TB	0,53	TB
PMK3	0,09626	12	312	12	48	58	0,83	0,0057	0,0141	0,40	TB	1,01	B
PMK4	0,09626	12	312	10	35	52	0,83	0,0053	0,0158	0,38	TB	1,13	B
PMK5	0,09626	12	312	5	30	62	0,83	0,0022	0,0132	0,16	TB	0,94	B
PMK6	0,09626	8	312	17	62	68	0,83	0,0046	0,0080	0,33	TB	0,57	TB
PMK7	0,09626	9	312	7	53	74	0,83	0,0019	0,0083	0,14	TB	0,59	TB
PMK8	0,09626	8	312	5	29	65	0,83	0,0014	0,0084	0,10	TB	0,60	TB
PMK9	0,09626	7	312	25	57	68	0,83	0,0059	0,0070	0,42	TB	0,50	TB
DHT1	0,09631	8	312	4	30	70	0,83	0,0010	0,0078	0,07	TB	0,56	TB
DHT2	0,09631	6	312	28	60	50	0,83	0,0077	0,0082	0,55	TB	0,59	TB
DHT3	0,09631	6	312	15	57	75	0,83	0,0027	0,0055	0,20	TB	0,39	TB
PKU1	0,12471	12	312	8	46	50	0,83	0,0057	0,0212	0,40	TB	1,52	B
PKU2	0,12471	10	312	10	38	56	0,83	0,0053	0,0158	0,38	TB	1,13	B
PKU3	0,12471	5	208	16	47	65	0,83	0,0024	0,0045	0,17	TB	0,32	TB
PKU4	0,12471	10	312	15	56	50	0,83	0,0088	0,0177	0,63	TB	1,26	B
DPB1	0,18856	9	312	17	45	45	0,83	0,0152	0,0268	1,08	B	1,91	B
DPB2	0,18856	7	312	10	48	68	0,83	0,0046	0,0138	0,33	TB	0,98	B

Nomor Responden	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m ³)	Waktu Paparan / t _E (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f _E (hari/tahun)	Durasi Paparan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W _b (kg)	Inhalation Rate/R	Intake Realtime (mg/kg/hari)	Intake Lifetime (mg/kg/hari)	(RQ) Realtime	Tingkat Resiko	(RQ) Lifetime	Tingkat Resiko
DPB3	0,18856	12	312	16	43	70	0,83	0,0122	0,0229	0,87	TB	1,64	B
DPB4	0,18856	6	312	11	52	47	0,83	0,0063	0,0171	0,45	TB	1,22	B
DPB5	0,18856	6	312	20	65	60	0,83	0,0089	0,0134	0,64	TB	0,96	TB
DPB6	0,18856	9	312	17	44	68	0,83	0,0100	0,0177	0,72	TB	1,26	B
DPB7	0,18856	10	312	35	57	70	0,83	0,0223	0,0191	1,59	B	1,37	B
DPB8	0,18856	9	312	17	40	67	0,83	0,0102	0,0180	0,73	TB	1,28	B
DPB9	0,18856	7	312	15	45	63	0,83	0,0074	0,0149	0,53	TB	1,06	B
DPB10	0,18856	15	312	20	52	46	0,83	0,0291	0,0436	2,08	B	3,12	B
DPB11	0,18856	10	312	12	48	68	0,83	0,0079	0,0197	0,56	TB	1,41	B
DPB12	0,18856	10	312	14	56	46	0,83	0,0136	0,0291	0,97	TB	2,08	B
DPB13	0,18856	10	312	15	47	50	0,83	0,0134	0,0268	0,96	TB	1,91	B
DPB14	0,18856	10	312	20	54	68	0,83	0,0131	0,0197	0,94	TB	1,41	B
DHS1	0,12929	7	312	10	53	70	0,83	0,0031	0,0092	0,22	TB	0,66	TB
SKB1	0,098	7	312	23	55	60	0,83	0,0062	0,0081	0,44	TB	0,58	TB
DKJ1	0,10627	6	312	21	57	44	0,83	0,0072	0,0103	0,51	TB	0,73	TB
DHM1	0,18311	10	312	15	44	70	0,83	0,0093	0,0186	0,66	TB	1,33	B
JTX1	0,224	6	312	30	65	55	0,83	0,0173	0,0173	1,24	B	1,24	B

B = Berisiko terkena efek kesehatan non karsinogenik

TB = Tidak berisiko terkena kesehatan non karsinogenik

Tabel 4.19 Persentase nilai *risk quotient* (RQ) pajanan PM₁₀ di Kota Yogyakarta

	<i>Risk Quotient</i>	Jumlah		Total
		Orang	Persentase (%)	
RQ <i>REALTIME</i>	$RQ \leq 1$	31	89	35
	$RQ \geq 1$	4	11	
RQ <i>LIFETIME</i>	$RQ \leq 1$	14	40	35
	$RQ \geq 1$	21	60	

Untuk hasil *Risk Quotient* (RQ) dari PM₁₀ menunjukkan bahwa untuk perhitungan *realtime* hanya terdapat 4 orang dari 35 responden dimana $RQ > 1$. Sehingga diperlukan adanya langkah preventif untuk mengurangi dampak kesehatan yang diakibatkan dari pajanan PM₁₀.

4.6.4 Estimasi Risiko Kesehatan Pajanan PM₁₀ Pada Pedagang Menggunakan Data Rata-Rata Pedagang.

Estimasi risiko kesehatan pedagang merupakan perhitungan yang diunakan untuk melihat apakah pajanan PM₂₀ berbahaya atau tidak bila menggunakan nilai rata-rata seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.20 Nilai Rata-rata Sampel

Lokasi Penelitian	Konsentrasi PM ₁₀ di Udara / C (mg/m ³)	Waktu Pajanan / t_E (jam/hari)	Frekuensi Pajanan / f_E (hari/tahun)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Berat Badan / W_b (kg)	<i>Inhalation Rate/R</i>
Perempatan Mirota Kampus	0,096	10	312	14	67	0,6
Depan Hotel Tentrem	0,096	7	312	16	65	0,6
Depan RS. PKU Muh.	0,125	9	286	12	55	0,6
Depan Pasar Bringharjo	0,189	9	312	17	60	0,6

Lokasi Penelitian	Konsentrasi PM10 di Udara / C (mg/m^3)	Waktu Paparan / t_E (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f_E (hari/tahun)	Durasi Paparan / Dt (tahun)	Berat Badan / W_b (kg)	Inhalation Rate/R
Depan Hotel Saphir	0,129	7	312	10	70	0,6
Jl. Sabirin Kota Baru	0,098	7	312	23	60	0,6
Depan Kantor Kec. Jetis	0,106	6	312	21	44	0,6
Depan Hotel Matahari	0,183	10	312	15	70	0,5
Depan PT. Jogjatex	0,224	6	312	30	55	0,6

Sumber: Data primer, 2020

Data tersebut merupakan data rata-rata yang diambil di setiap lokasinya. Sedangkan untuk Dt atau durasi paparan menggunakan nilai *default* dari US.EPA karena untuk lama bekerja secara pasti hingga berapa tahunnya tidak diketahui. Sedangkan untuk laju inhalasi menggunakan data rata-rata setiap respondennya. Untuk mengetahui estimasi risiko dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$I_{\text{Realtime}} = \frac{0,096 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,6 \text{ m}^3 \times 10 \text{ jam} \times 312 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 14 \text{ tahun}}{67 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$= 0,003 \text{ mg/kg/hari}$$

$$I_{\text{Lifetime}} = \frac{0,096 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,6 \text{ m}^3 \times 10 \text{ jam} \times 312 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{67 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$= 0,007 \text{ mg/kg/hari}$$

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

$$RQ \text{ realtime } PM_{10} = \frac{0,0027}{0,014} = 0,2$$

$$RQ \text{ lifetime } PM_{10} = \frac{0,0058}{0,014} = 0,5$$

Secara keseluruhan lokasi dapat diketahui pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.21 Estimasi risiko kesehatan pajanan PM_{10}

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>)
Perempatan Mirota Kampus	0,003	0,007	0,2	0,5
Depan Hotel Tentrem	0,003	0,005	0,2	0,4
Depan RS. PKU Muh.	0,004	0,010	0,3	0,7
Depan Pasar Bringharjo	0,009	0,015	0,6	1,1
Depan Hotel Saphir	0,002	0,007	0,2	0,5
Jl. Sabirin Kota Baru	0,004	0,006	0,3	0,4
Depan Kantor Kec. Jetis	0,005	0,007	0,4	0,5
Depan Hotel Matahari	0,006	0,011	0,4	0,8
Depan PT. Jogjatex	0,013	0,013	0,9	0,9

Sumber: Data primer, 2020

Berdasarkan data perhitungan estimasi risiko, nilai *Risk Quotient (RQ)* untuk *realtime* secara keseluruhan $RQ < 1$, sedangkan untuk *lifetime* $RQ > 1$ terdapat pada lokasi di depan Pasar Bringharjo.

4.6.5 Manajemen Risiko Non Karsinogen

Berdasarkan perhitungan RQ *lifetime* di depan Pasar Bringharjo diketahui untuk pedagang memiliki risiko karena nilai RQ > 1. Maka dari itu perlu dilakukannya pengendalian atau manajemen risiko untuk menurunkan risiko. Untuk mengetahui batas aman *intake* dari konsentrasi PM₁₀, maka dapat dilakukan menggunakan rumus perhitungan berikut:

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

Dengan perhitungan

$$C_{aman} = \frac{60 \times 10950 \times 0,014}{0,6 \times 9 \times 312 \times 30} = 0,2 \text{ mg/m}^3$$

Maka didapat nilai konsentrasi aman (maksimum) untuk PM₁₀ dengan rata-rata berat badan 60 kg dengan lama pajanan 9 jam yaitu sebesar 0,2 mg/m³.

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:

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

$$tE = \frac{0,014 \times 60 \times 10950}{0,096 \times 0,6 \times 30 \times 312} = 1 \text{ jam/hari}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dengan menggunakan konsentrasi tertinggi / maksimum didapatkan nilai *t_E* aman sebesar 1 jam/hari. Atau dapat diartikan untuk kondisi aman, lama kerja setiap harinya hanya selama 1 jam untuk 30 tahun ke depan.

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

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

$$fE = \frac{0,014 \times 60 \times 10950}{0,096 \times 0,6 \times 30 \times 9} = 20 \text{ hari/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut dengan menggunakan konsentrasi tertinggi didapatkan nilai f_E aman sebesar 20 hari/tahun. Atau dapat diartikan untuk kondisi aman, waktu pajanan setiap tahunnya selama 20 hari/tahun.

4.6.6 Pembahasan

Analisis risiko lingkungan di wilayah Kota Yogyakarta khususnya terhadap pedagang di ketai nilai RQ secara keseluruhan melebihi batas. Dari 9 titik pemantauan PM_{10} yang berada di Kota Yogyakarta diketahui nilai $RQ > 1$ berada di depan Pasar Bringharjo dengan nilai RQ sebesar 1,1.

Sebagai langkah dalam manajemen risiko, dilakukan pada lokasi dengan konsentrasi tertinggi karena dianggap akan berimbas kepada seluruhnya. Adapun langkah yang dilakukan menentukan konsentrasi aman yang didapatkan $0,2 \text{ mg/m}^3$. Atau dapat diartikan untuk kondisi yang aman konsentrasi setidaknya harus sebesar $0,2 \text{ mg/m}^3$ untuk lokasi dengan konsentrasi pemantauan tertinggi. Berikutnya dilakukan perhitungan waktu pajanan sebagai alternatif pengendalian risiko. Pada perhitungan tersebut didapatkan nilai t_E selam 1 jam/hari sebagai waktu pajanan atau lama kerja dalam sehari. Serta melakukan perhitungan frekuensi pajanan (f_E) yang didapatkan 20 hari/tahun.

Setelah dilakukan pengecekan menggunakan percobaan *trial and error* lama waktu pajanan pada pedagang yang memiliki $RQ > 1$ mengalami efek non karsinogenik diketahui apabila durasi lama pajanan yang dapat menimbulkan efek kesehatan non karsinogenik yaitu selama 27 tahun. Sehingga bagi para pedagang yang khususnya berada di depan Pasar Bringharjo yang telah bekerja selama 27 tahun maka telah terpapar oleh PM_{10} .

Menurut WHO (2011) risiko bagi kesehatan yang ditimbulkan oleh PM_{10} cukup singkat. Dalam waktu singkat paparan PM_{10} dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, gangguan sistem kardiovaskuler, ISPA (infeksi saluran pernapasan akut), bahkan kematian. Sementara menurut Nurjannah (2014) PM_{10} juga memiliki efek buruk dalam jangka panjang seperti peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru bagi orang dewasa, penurunan tingkat harapan hidup oleh penyakit *cardiopulmonary* dan probabilitas kejadian kanker paru-paru. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Contes *et al.*

(2001) Peningkatan berat badan setelah variabel umur, jenis kelamin, tinggi badan, ras dan status merokok mempengaruhi penurunan fungsi paru.

PM₁₀ dapat menyebabkan timbulnya gangguan pada pernapasan karena partikel pada PM₁₀ mengendap di saluran pernapasan di daerah alveoli dan bronki (Gusti, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Barlow *et al.* (2008) efek non karsinogenik PM₁₀ dapat dilihat berdasarkan efek akut dan kronis. Efek akut dari paparan PM₁₀ terjadi dimana kemampuan bergerak pada fagositosis dan makrofag berkurang dimana terdapat suatu cara yang menunjukkan kerusakan terhadap *particle clearance* dari alveolar paru-paru. Penurunan *particle clearance* kemudian memicu peradangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arbecs (2001) peningkatan jumlah pengunjung rumah sakit karena keluhan asma di sebuah kota kawasan industri di yang berada di Slovakia meningkat seiring meningkatnya jumlah pencemaran polutan partikel debu. Akan tetapi beberapa jenis gen tertentu beberapa orang dapat mengekskresikan partikel debu (PM₁₀) yang terhirup. Kemampuan ini dapat mengakibatkan seseorang atau responden tersebut tidak mengalami keluhan asma meskipun telah bekerja cukup lama. Seperti pada penelitian di Amerika terdapat hasil bahwa pekerja dengan pajanan harian partikel debu yang terhirup memiliki hubungan rendah dengan timbulnya asma (Thaller *et al.*, 2008).

Berdasarkan penelitian Yusnabeti (2010) dalam kondisi konsentrasi *Particulate Matter* yang rendah atau <100 µg/m³ dapat mempengaruhi kesehatan manusia terutama dalam saluran pernapasan. Polusi udara khusus PM₁₀ berpengaruh terhadap kesehatan mata terutama pada bagian permukaan mata. Gejala mata akibat terpapar polusi udara adalah iritasi mata ringan hingga berat, ketidak nyamanan penglihatan, dan meningkatkan kepekaan terhadap cahaya (Gupta, 2007). Selain mengganggu saat berada di udara partikulat yang berasal dari aktivitas manusia memiliki potensi menurunkan kemampuan ekosistem, hal ini dikarenakan partikulat yang terdeporsisi ke tanah dapat mempengaruhi reproduksi tanaman. Deposisi logam berat dalam partikulat ini dapat mengganggu siklus mineral. Deposisi sulfur, nitrogen serta efek asam yang

timbul bersama dengan ion H^+ dapat berakibat tanah menjadi asam sehingga pertumbuhan vegetasi akan terhambat (EPA, 2004). Berdasarkan *National Pollution Inventory, Australian Government* (2013) selain mengganggu kesehatan manusia, partikulat ini juga dapat mempengaruhi hewan seperti halnya pada manusia. Dalam komposisi suatu partikel terdapat efek spesifik dimana konsentrasi dan adanya polutan lain seperti gas membentuk asam. Hal ini lah yang apabila tercampur dan turun dengan air hujan akan menjadikan hujan asam sehingga akan menyebabkan perubahan atau kerusakan yang serius terhadap ekosistem tanah, air dan struktur bangunan lainnya.

4.6.7 Komunikasi Risiko

Dari hasil yang didapat berdasarkan konsentrasi pemantauan udara oleh BLH DIY, maka disarankan untuk dinas terkait dapat melakukan substitusi, rekayasa teknik, kontrol administrasi sebagai pihak penentu kebijakan dan APD. Melakukan substitusi dengan cara mengurangi angkutan kecil dengan menambah angkutan masal serta melakukan peremajaan kendaraan yang digunakan sebagai angkutan masal dengan mesin yang lebih ramah terhadap lingkungan. Rekayasa teknik atau *Engineering Control* bisa dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta dengan melakukan penanaman pohon di beberapa sektor wilayah yang memiliki potensi pencemaran udara tinggi. Diketahui menurut Alerich (1995) di dalam Syamsoedin (2010), tanaman dapat mengurangi polutan partikel. Dimana partikel padat yang tersuspensi di lapisan biosfer akan dibersihkan oleh tajuk pohon melalui serapan. Hal serupa juga dalam Joana (2020) dalam vegetasi hijau memiliki kemampuan sebagai penyerapan polutan berdasarkan jenis vegetasinya masing-masing. Dalam studi yang dilakukan oleh Jeanjean (2015) untuk jalanan khususnya perkotaan sangat cocok apabila dilakukan rekayasa mereduksi polutan khususnya PM dengan pepohonan. Sehingga dengan mekanisme tersebut akan mengurangi jumlah debu yang melayang di udara. Adapun rekayasa alat yang dapat digunakan untuk mereduksi PM khususnya dari mesin *diesel* adalah *Cyclone Separator*. Alat ini menggunakan gaya sentrifugal dan perbedaan masa jenis antara gas buang motor

diesel dengan berat jenis PM (Reza, 2012). 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, mengurangi atau menekan izin kendaraan angkutan kecil, serta pemerintah dalam hal ini Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta gencar melakukan sosialisasi Peraturan Pemerintah dan Undang-undang tentang Lingkungan Hidup untuk meningkatkan kesadaran masyarakat atas pentingnya melestarikan lingkungan hidup. Untuk APD yang dapat dilakukan untuk pedagang adalah menggunakan masker penutup mulut dan hidung.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

1. Perbandingan konsentrasi PM_{10} dengan kondisi kependudukan, transportasi, industri serta kondisi meteorologi memiliki pengaruh terhadap peningkatan konsentrasi. Selain itu terdapat beberapa lokasi yang melebihi baku mutu udara ambien sesuai dengan dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien yang diantaranya berada di depan Pasar Bringhamarjo, depan Hotel Matahari, serta PT Jogjatex. Hal ini juga sesuai dengan faktor-faktor yang menentukan tingkat konsentrasi PM_{10} di udara ambien seperti peningkatan statistik jumlah penduduk, jumlah industri dan jumlah kendaraan.
2. Analisis risiko non karsinogenik terdapat beberapa lokasi memiliki kemungkinan terjadinya risiko yang berdasarkan perhitungan secara keseluruhan di titik pemantauan untuk pemajanan pada pedagang, nilai $RQ > 1$ terdapat 4 orang untuk *realtime* dan sebanyak 21 orang yang memiliki $RQ > 1$. Adapun nilai estimasi risiko kesehatan terhadap pedagang terdapat di lokasi depan Pasar Bringhamarjo yang memiliki $RQ > 1$ untuk perhitungan *lifetime*. Sehingga diperlukan adanya tindakan untuk mengurangi risiko. Adapun tindakan yang bisa dilakukan pertama dimulai dari substitusi dengan cara mengurangi akutan kecil dengan menambah angkutan masal, peremajaan angkutan masal dengan menggunakan kendaraan baru yang lebih ramah lingkungan. Kedua dengan cara melakukan rekayasa teknik salah satunya dengan penanaman pohon. Sebab dengan penanaman dapat membantu mereduksi polutan di udara. Ketiga melakukan kontrol administrasi yang dibisa dilakukan berbagai tindakan seperti pemberlakuan rekayasa lalu-lintas terutama di daerah lalu-lintas padat, menekan atau membatasi izin kendaraan angkutan kecil, gencar melakukan uji emisi kendaraan, serta pemerintah terkait dalam hal ini Dinas Lingkungan Hidup gencar melakukan sosialisasi Peraturan

Pemerintah dan Undang-undang yang mengatur tentang lingkungan hidup untuk meningkatkan kesadaran masyarakat atas pentingnya melestarikan lingkungan hidup. Sedangkan langkah preventif yang bisa dilakukan pedagang adalah menggunakan masker medis atau masker kain berlapis.

1.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta
 - a. Melakukan penambahan lokasi pemantauan kualitas udara di beberapa titik yang memiliki potensi pencemaran tinggi di Kota Yogyakarta. 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 secara keseluruhan untuk menurunkan risiko dengan cara melakukan penanaman pohon sebagai media untuk menyerap polusi udara, gencar melakukan uji emisi kendaraan umum, serta pemberlakuan rekayasa lalu-lintas. Sebab setiap lokasi memiliki risiko serta secara keseluruhan tingkat pencemaran PM_{10} di Kota Yogyakarta selalu mengalami peningkatan yang cukup tinggi.
2. Bagi Mahasiswa atau Peneliti Lainnya.

Penelitian lebih lanjut terkait analisis risiko PM_{10} di Kota Yogyakarta. 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.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



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
- Arbecs, *et al.*, 2001. Air Pollution from Biomass Burning and Asthma Hospital Admissions in a Sugar Cane Plantation Area in Brazil. *Journal of Epidemiologi and Community Health*, 5(61), pp. 395-400.
- Badan Pusat Statistik, 2017. *Kota Yogyakarta dalam Angka Tahun 2017*. Penerbit Haksoro. Yogyakarta
- Barlow P, Brown D, Donaldson K, dan Stone V. Reduced Alveolar Macrophage Migration Induced by Acute Ambient Particle (PM10) Exposure. *Cell Biology and Toxicology*. 24(3):243- 52 • July. 2008.
- Chaloulakou, A., P. Kassomenos, N. Spyrellis, P. Demokritou, & P. Koutrakis. 2003. Measurements of PM10 and PM2,5 particle concentrations in Athens, Greece. *J. Atmospheric Environment*. 37 : 649-660
- Contes, J. *et al.*, 2001. Body Mass, Fat Percentage, and Fat Free Mass as Reference Variable For Lung Function: Effects on Terms for Age and Sex. *Thorax*, Volume 56, pp. 839-844.
- 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*. Penerbit KANISIUS. Yogyakarta.
- Gusti A, 2017, Comparison of Risk Level of Exposure to PM10 on Students at Vegetated and Non Vegetated Elementary School in Padang City. *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 12 No. 20(2017).
- Gupta SK, Gupta SC, Agarwal Renu, Agrawal SS, Saxena Rohit SK, 2007. A Multicentric Case-Control Study on The Impact of Air Pollution on Eyes in a Metropolitan City of India. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. Volume 11, Nomor 1:37-40.
- Haryono Setyo Huboyo.. *Analisis Resiko Konsentrasi Debu (Tsp) Dan Timbal (Pb) Di Pinggir Jalan Terhadap Kesehatan Manusia Studi Kasus Kota Yogyakarta*. 2007; Vol. 28 No. 2, ISSN 0852-1697
- Hoek, G., Krishnan, R. M, Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardiorespiratory mortality: a review. *Environmental Health*, 12(1), 43.
- 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.
- Jeanjean, A., et al., A CFD study on the effectiveness of trees to disperse road traffic emissions at a city scale. *Atmospheric Environment*, 2015. 120: p. 1-14.
- Joanna Badach, Magoezata, and Andrzej Baranowski, 2020. Urban Vegetation in Air Quality Management: A Review and Policy Framework. *MDPI Journal Substanability*. Vol 3 No. 12-1258.
- Louvar, F.L. 1998. *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application. volume 2*. New Jersey: Prentice Hall PTR
- Mukono, H.J. 2008. Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernapasan. Surabaya : Airlangga University Press.

- Muhaimin. 2014. Permodelan dispersi polutan udara dari aktivitas PLTU Cirebon pada musim kemarau dan hujan serta penggunaan 2 cerobong asap [tesis]. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- National Research Council (NRC). "Risk Assessment in The Federal Government : Managing The Process." <http://www.nap.edu/catalog/366.html>. 1983.
- National Pollutant Inventory, Australian Government. 2013. Particulate matter (PM10 and PM2.5) <http://www.npi.gov.au/resource/particulate-matter-pm10-and-pm25>.
- Nurhayati, U. 2000. Pemrograman Dispersi Pencemaran Partikulat (PM-10) Dari Sumber Titik Tunggal Kontinu Berdasarkan Persamaan Gauss. Skripsi. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan, ITS.
- Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 12 Tahun 2010.
- Puspitasari, Anita Dwi. 2011. Pola spasial pencemaran udara dari sumber pencemar PLTU dan PLTGU Muara Karang [skripsi]. Universitas Indonesia, Depok
- Rahman, Abdur. 2007. Bahan Ajar Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan (Program Intensif Tingkat Dasar). Depok: FK UI.
- Ruslinda, Y., Gunawan, H., Nugraha, N. 2015. Analisis Konsentrasi PM10 di Udara Ambien Roadside Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang. Prosiding 2nd National Conference Padang. Universitas Andalas: 95-100
- 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, *Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambient*, Jakarta:2005

- Standar Nasional Indonesia, *Cara Uji Partikel Tersuspensi Total menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode Gravimetric*, Jakarta:2005
- Syamsoedin, I. 2010. *Kajian Status Iptek Dan Pengembangan Ekosistem Hutan Di Perkotaan*. Bogor: Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan
- Thaller, *et al.*, 2008. Moderate Increases in Ambient PM10 and Ozone are Associated with Lung Function Decrease in Beach Lifeguard. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2(50), pp. 11-202
- The Agency of Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). "Public Health Assessment Guidance Manual". <http://www.atsdr.cdc.gov/hac/PHSManual/toc.html>. 2005
- US. Environmental Protection Agency, 2004. *Air Quality Criteria for Particulate Matter. Vol 1. North Carolina: National Center for Environmental Assessment*, Office of Research and Development Research Triangle Park.
- 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
- Yusnabeti, Wulandari,R. A., & Luciana, R. 2010. PM10 Dan Infeksi Saluran Pernapasan Akut Pada Pekerja Industri Mebel. *Makara Kesehatan*. Jurnal UI, No 1 Vol 14

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN

Lampiran 1. Konsentrasi PM₁₀ di Kota Yogyakarta

Sumber : BLH Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Lokasi	Parameter PM10 Berdasarkan Tahun ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2016	2017	2018
1	Perempatan Mirota Kampus	39,0	95,6	96,3
2	Depan Hotel Tentrem	34,4	90,5	96,3
3	Depan RS. PKU Muhammadiyah	91,7	173,3	124,7
4	Depan Pasar Bringharjo	111,1	143,3	188,6
5	Depan Hotel Saphir	108,0	134,6	129,3
6	Jalan Sabirin Kota Baru	94,2	113,0	98,0
7	Depan Kantor Kecamatan Jetis	32,1	156,9	106,3
8	Depan Hotel Matahari, Jl Parangtritis	40,9	59,8	183,1
9	PT Jogjatex, Umbulharjo	72,8	118,0	224,0
Rata-rata		69,3	120,5	138,5

Lampiran 2. Kondisi Meteorologi Kota Yogyakarta

Sumber : BMKG Stasiun Kelas I Gamping

Suhu Rata-rata (°C)

No	Tahun	Bulan												Mean
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2016	27,5	26,5	26,8	27,3	27,2	26,4	26,5	26,1	26,8	26,7	26,3	26,4	26,7
2	2017	26	26,1	26,3	26,5	26,4	26,3	25,1	25,1	25,8	26,9	25,8	26,3	26,1
3	2018	25,9	26	26,4	27	26,2	25,6	24,2	24,4	25,7	27,1	27	26,5	26,0

Curah Hujan

No	Tahun	Rata-rata	Bulan												Mean
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2016	mm	152,0	323,0	425,0	184,8	137,8	296,5	105,9	94,5	237,2	324,2	508,2	267,8	254,7
		hh/hd	19,0	20,0	24,0	19,0	19,0	15,0	17,0	12,0	18,0	21,0	25,0	27,0	19,7
2	2017	mm	291,8	348,5	402,9	243,4	45,7	9,2	12,7	0,0	63,0	60,1	692,5	372,5	211,9
		hh/hd	28,0	24,0	21,0	20,0	7,0	5,0	4,0	1,0	6,0	14,0	25,0	22,0	14,8
3	2018	mm	464,1	337,0	190,9	107,5	10,8	17,4	0,0	1,1	20,6	0,0	275,4	177,6	133,5
		hh/hd	31,0	19,0	15,0	14,0	8,0	6,0	0,0	5,0	8,0	0,0	17,0	22,0	12,1

Kelembaban Udara (%)

No	Tahun	Bulan												Mean
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2016	86	89	89	88	88	88	86	84	85	87	89	87	87,2
2	2017	88	88	87	88	83	84	84	81	81	84	90	86	85,3
3	2018	87	87	86	86	83	83	81	82	83	79	84	87	84,0

Tekanan Udara (mb)

No	Tahun	Bulan												Mean
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2016	1014,8	1014,5	1014,8	1013,9	1013,7	1014,8	1013,9	1014,3	1013,9	1013,4	1013,4	1012,3	1014,0
2	2017	994,3	995	995,1	995,6	995,8	996,3	997,4	997,1	997,2	996	993,6	994,5	995,7
3	2018	993	995,1	994,6	994,7	995,5	996,7	997	997,8	997,6	997,2	996,3	995,6	995,9

Kecepatan Angin (m/s)

No	Tahun	Bulan												mean
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	2016	7,14	6,12	7,14	6,12	6,12	6,12	6,12	6,12	3,06	8,67	8,16	8,67	6,6
2	2017	0,9	1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1	1,1	1	0,8	1	0,9
3	2018	0,8	1	0,9	0,8	0,8	0,8	1	0,9	1,1	1,2	1	1,1	1,0

Lampiran 3. Data Statistika

Sumber : Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta

Data Kependudukan Kota Yogyakarta

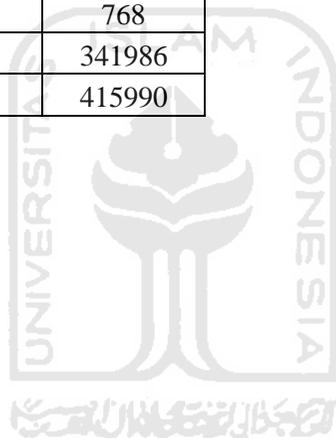
No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (m2)	Laki-laki (Jiwa)	Perempuan (Jiwa)
1	2016	417.744	12.854	203.845	213.899
2	2017	422.732	13.007	206.421	216.311
3	2018	427.498	13.154	208.792	218.706
4	2019	414.055	12.740		

Data Jumlah Kendaraan Kota Yogyakarta

No	Jenis Kendaraan	2016 (Unit)	2017 (unit)	2018 (unit)
1	Mobil Penumpang	50562	54346	60780
2	Bus/Microbus	1056	1147	1230
3	Mobil Barang	10266	10623	11226
4	Kendaraan Khusus/truk	656	701	768
5	Sepeda Motor	303403	309373	341986
Total		365943	376190	415990

Data Jumlah Industri

No	Tahun	Jumlah Industri
1	2016	154
2	2017	180
3	2018	186



Lampiran 4 Data Kuesioner

Sumber: Data Primer Kuesioner dengan responden pedagang

Data Sekunder Badan Lingkungan Hidup D.I Yogyakarta 2018^(*)

Nomor Responden	Nama Responden	Waktu Paparan / t_E (jam/hari)	Frekuensi Paparan / f_E (hari/tahun)	Durasi Paparan / D_t (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W_b (kg)
PMK1	Pak Anto	12	312	33	52	85
PMK2	Bu Ayu	8	312	15	52	74
PMK3	Pak Salim	12	312	12	48	58
PMK4	Bu Indah	12	312	10	35	52
PMK5	Mas Hadi	12	312	5	30	62
PMK6	Pak Hendro	8	312	17	62	68
PMK7	Pak Bima	9	312	7	53	74
PMK8	Mas Toto	8	312	5	29	65
PMK9	Guntur	7	312	25	57	68
DHT1	Pak Joko	8	312	4	30	70
DHT2	Pak Basuki	6	312	28	60	50
DHT3	Pak Darsono	6	312	15	57	75
PKU1	Bu Titik	12	312	8	46	50
PKU2	Bu Veny	10	312	10	38	56
PKU3	Pak Suhandi	5	208	16	47	65
PKU4	Pak Yoyo	10	312	15	56	50
DPB1	Bu Reni	9	312	17	45	45
DPB2	Pak Ahmadi	7	312	10	48	68

Nomor	Nama Responden	Waktu Pajanan / t_E (jam/hari)	Frekuensi Pajanan / f_E (hari/tahun)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / W_b (kg)
DPB3	Pak Udin	12	312	16	43	70
DPB4	Pak Ratih	6	312	11	52	47
DPB5	Bu Ida	6	312	20	65	60
DPB6	Pak Gunawan	9	312	17	44	68
DPB7	Pak Pardi	10	312	35	57	70
DPB8	Bu Martini	9	312	17	40	67
DPB9	Bu Satini	7	312	15	45	63
DPB10	Bu Yuni	15	312	20	52	46
DPB11	Pak Dariyanto	10	312	12	48	68
DPB12	Bu Tuminah	10	312	14	56	46
DPB13	Bu Titik	10	312	15	47	50
DPB14	Pak Tri	10	312	20	54	68
DHS1	Pak Andi	7	312	10	53	70
SKB1	Pak Yono	7	312	23	55	60
DKJ1	Pak Mulyo	6	312	21	57	44
DHM1	Pak Agus	10	312	15	44	70
JTX1	Pak Bandi	6	312	30	65	55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



RIWAYAT HIDUP

Perkenalkan nama saya Syahrul Arya Nurhidayat, lahir di Blora, 28 Januari 1998. Putra ke 2 dari ayah yang bernama Suwandi dan ibu yang bernama Murni. Menempuh pendidikan dasar (SD) di SD N 1 Cabak, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama (SMP) di SMP Negeri 2 Blora, lalu melanjutkan sekolah menengah atas (SMA) di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta, setelah itu melanjutkan ke perguruan tinggi dengan kuliah di Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta di jurusan Teknik Lingkungan. Selama kuliah aktif di organisasi eksternal kampus di luar bidang akademik.

