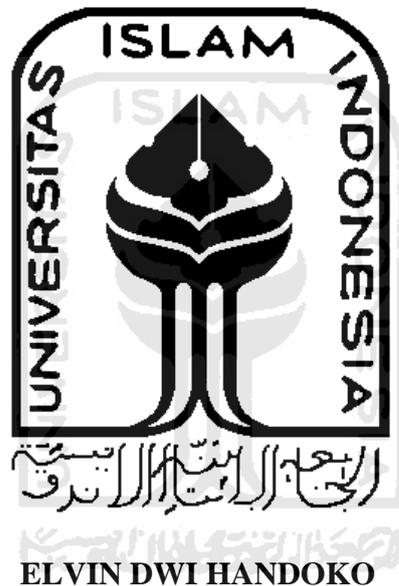


TA/TL/2020/1252

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISIS DAMPAK NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DI KOTA YOGYAKARTA**

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



**16513020**

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

**2020**

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS DAMPAK NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DI**  
**KOTA YOGYAKARTA**

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



**ELVIN DWI HANDOKO**  
**16513020**

Disetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

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

NIK. 165131305

Tanggal: 27 November 2020

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

NIK. 165131303

Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

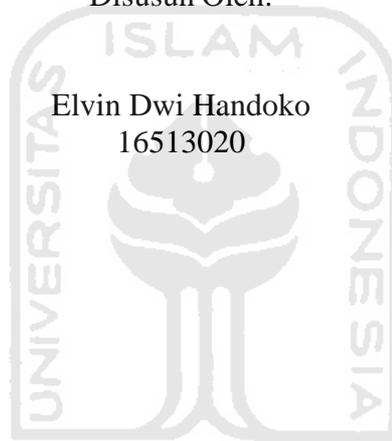
Tanggal:

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS DAMPAK NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DI**  
**KOTA YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji Hari :  
Tanggal :

Disusun Oleh:

Elvin Dwi Handoko  
16513020



Tim Penguji :

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

  
( 27 November 2020 )

Azham Umar Abidin, S.KM,MPH.

  
(27 November 2020 )

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

  
( 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 menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab 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, 23 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Elvin Dwi Handoko

NIM : 16513020

## ABSTRAK

Nitrogen dioksida adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi kualitas udara dan berbahaya bagi makhluk hidup. Dampak dari NO<sub>2</sub> terhadap tubuh manusia dapat menyebabkan pembengkakan paru-paru yang mengakibatkan penderita mengalami sulit bernafas dan juga dapat mengiritasi sistem pernafasan, mengiritasi tenggorokan dan mengakibatkan rasa sakit pada bagian dada. Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen dioksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO<sub>2</sub> pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daunnya. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan, menganalisis dan membandingkan tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> antara kawasan komersial wisata dengan industri, dan menganalisis tingkat risiko NO<sub>2</sub> terhadap pedagang di titik lokasi penelitian di Kota Yogyakarta. Metode penelitian ini menggunakan studi literatur dan penyebaran kuisioner. Berdasarkan literatur yang diperoleh terdapat peningkatan jumlah kendaraan dari tahun 2016-2018 sebesar 13% dengan konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> mengalami penurunan. Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada kawasan komersial wisata lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan industri. Tingkat risiko yang dihasilkan berdasarkan perhitungan RQ masih dalam kategori aman, dengan nilai  $RQ \leq 1$ .

Kata kunci : NO<sub>2</sub>, Pedagang, Udara, Yogyakarta, ARKL, Dampak Kesehatan

## ABSTRACT

*Nitrogen dioxide is one of the main factors affecting air quality and is harmful to living things. The impact of NO<sub>2</sub> on the human body can cause inflammation of the lungs which results in the sufferer having difficulty breathing and can also irritate the respiratory system, irritate the throat and cause chest pain. Air that has been polluted by nitrogen dioxide gas is not only harmful to humans and animals, but also harmful to plant life. The effect of NO<sub>2</sub> gas on plants includes the appearance of spots on the leaf surface. At higher concentrations the gas can cause necrosis or damage to the leaf tissue. This study aims to analyze the relationship between NO<sub>2</sub> concentration and the number of vehicles, to analyze and compare the level of NO<sub>2</sub> concentration between tourist commercial areas and industry, and to analyze the risk level of NO<sub>2</sub> to traders in research locations in Yogyakarta City. This research method uses literature studies and questionnaires. Based on the literature obtained, there was an increase in the number of vehicles from 2016-2018 by 13% with an average concentration of NO<sub>2</sub> having decreased. NO<sub>2</sub> concentration in commercial tourist areas is higher than in industrial areas. The level of risk generated based on the calculation of RQ is still in the safe category, with an RQ value  $\leq 1$ .*

*Keywords: NO<sub>2</sub>, Traders, Air, Yogyakarta, ARKL, Health Impact*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb*

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya kepada kita semua sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “ANALISIS DAMPAK NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DI KOTA YOGYAKARTA”. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Jurusan 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 Prodi Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
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. Seluruh Dosen dan keluarga besar Teknik Lingkungan UII.
4. Orang tua, saudara-saudari kami atas doa dan bimbingannya.
5. Teman seperjuangan skripsi membuat semua lebih berwarna.
6. Maydinda Kahar yang selalu memberi motivasi dan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya laporan proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan.

*Wassalamualaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, 15 Oktober 2020

(Elvin Dwi Handoko)

## DAFTAR ISI

<b>TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Ruang Lingkup Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB II</b> .....	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Pencemaran Udara</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Jenis Pencemaran Udara</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2.1 Sumber Pencemaran Udara</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.2 Nitrogen Dioksida</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Dampak NO<sub>2</sub> Terhadap Kesehatan</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4 Dampak NO<sub>2</sub> Terhadap Lingkungan</b> .....	<b>10</b>

2.5 Baku Mutu Udara Ambien .....	10
2.6 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Udara.....	11
<b>BAB III .....</b>	<b>13</b>
<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	13
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	14
3.2.1 Pengambilan Data.....	15
3.3 Analisis NO <sub>2</sub> .....	15
3.4 Metode Analisis dan Pengolahan Data .....	16
3.4.1 Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) .....	17
3.4.2 Populasi dan Sampel.....	19
<b>BAB IV.....</b>	<b>21</b>
<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1 Gambaran Umum Penelitian .....	21
4.1.1 Penduduk.....	22
4.2 Konsentrasi NO <sub>2</sub> Pada Setiap Titik Pengamatan di Kota Yogyakarta	23
4.2.1 Analisis Penurunan Konsentrasi Tahunan NO <sub>2</sub> Pada Beberapa Lokasi.....	25
4.2.2 Konsentrasi Rata-Rata Parameter NO <sub>2</sub> Kota Yogyakarta.....	28
4.2.3 Dampak Nitrogen Dioksida terhadap lingkungan.....	29
4.2.4 Rekayasa Pengendalian Lingkungan dari dampak NO <sub>2</sub> .....	33
4.3 Perbandingan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) dengan Baku Mutu .....	33
4.4 Volume Lalu Lintas di Kota Yogyakarta pada tahun 2016 sampai 2018	34

4.4.1	Beban Emisi.....	35
4.5	Analisis Konsentrasi NO <sub>2</sub> Terhadap Volume Kendaraan .....	36
4.6	Kondisi Meteorologis Kota Yogyakarta Tahun 2016 Hingga Tahun 2018.....	38
4.6.1	Faktor meteorologis terhadap rata-rata NO <sub>2</sub> di Kota Yogyakarta tahun 2016-2018 .....	40
4.6.2	Korelasi suhu dengan konsentrasi NO <sub>2</sub> Kota Yogyakarta.....	41
4.6.3	Korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi NO <sub>2</sub> Kota Yogyakarta .....	41
4.7	Analisis konsentrasi NO <sub>2</sub> terhadap jumlah penduduk.....	42
4.7.1	Tingkat konsentrasi NO <sub>2</sub> pada lokasi komersial wisata dengan lokasi industri Kota Yogyakarta .....	44
4.8	Hasil Kuesioner Responden .....	45
4.8.1	Waktu Paparan ( $t_E$ ).....	45
4.8.2	Frekuensi Paparan ( $f_E$ ) .....	45
4.8.3	Durasi Paparan ( $D_t$ ).....	45
4.8.4	Analisis Paparan Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) .....	46
4.8.5	Karakteristik Risiko ( <i>Risk Quotient</i> ).....	47
4.8.6	Status Merokok Responden .....	47
4.8.7	Keluhan Kesehatan.....	47
4.8.8	Manajemen Risiko .....	48
4.8.9	Pembahasan.....	49
BAB V	.....	51
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	51
5.1	KESIMPULAN.....	51
5.2	SARAN .....	52

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

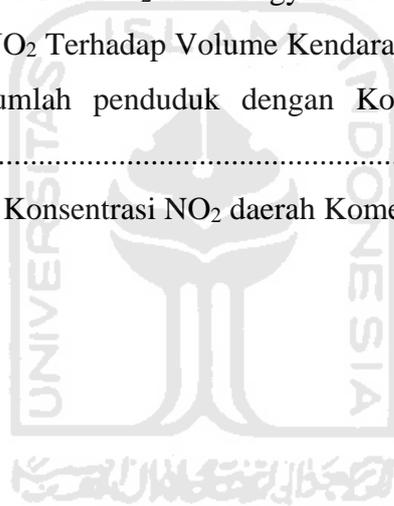


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien.....	11
Tabel 3.1 Lokasi Penelitian.....	14
Tabel 3.2 Baku Mutu Udara Ambien DIY.....	17
Tabel 3.3 Keterangan simbol .....	20
Tabel 3.4 Populasi Dan Sampel .....	21
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta.....	22
Tabel 4.2 Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Titik Pemantauan.....	24
Tabel 4.3 Jumlah kendaraan Kota Yogyakarta .....	29
Tabel 4.4 Perhitungan Beban Emisi.....	35
Tabel 4.5 Data Meteorologis Kota Yogyakarta 2016-2018 .....	38
Tabel 4.6 Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta.....	42
Tabel 4.7 Hasil perhitungan dan analisis risiko kesehatan lingkungan terhadap pedagang di Kota Yogyakarta.....	47
Tabel 4.8 Status Merokok Responden .....	45
Tabel 4.9 Data keluhan kesehatan terhadap NO <sub>2</sub> oleh responden .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	13
Gambar 3.2 Titik Lokasi Pemantauan NO <sub>2</sub> .....	14
Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian .....	21
Gambar 4.2 Peta persebaran Konsentrasi.....	23
Gambar 4.3 Konsentrasi NO <sub>2</sub> di Perempatan Mirota Kampus .....	25
Gambar 4.4 Konsentrasi NO <sub>2</sub> kode DHT.....	25
Gambar 4.5 Konsentrasi NO <sub>2</sub> kode DPB .....	26
Gambar 4.6 Konsentrasi rata-rata NO <sub>2</sub> Kota Yogyakarta.....	28
Gambar 4.7 Konsentrasi NO <sub>2</sub> Terhadap Volume Kendaraan .....	36
Gambar 4.8 Hubungan Jumlah penduduk dengan Konsentrasi rata-rata Kota Yogyakarta .....	43
Gambar 4.9 Perbandingan Konsentrasi NO <sub>2</sub> daerah Komersial dan industri .....	44



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Peta Sebaran Lokasi Penelitian Nitrogen Dioksida
- Lampiran 2 : Baku Mutu Nitrogen Dioksida Pergub DIY No 153 2002
- Lampiran 3 : Data konsentrasi Nitrogen Dioksida tahun 2016-2018
- Lampiran 4 : Data Meteorologi Kota Yogyakarta tahun 2016-2018
- Lampiran 5 : Data Kuisisioner pedagang Kota Yogyakarta
- Lampiran 6 : Data Statistik Kota Yogyakarta tahun 2016-2018



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Udara merupakan faktor yang paling penting bagi kelangsungan hidup manusia yang harus dan wajib untuk selalu dijaga kualitasnya. Kualitas udara di perkotaan merupakan suatu bagian lingkungan yang sangat penting, karena berpengaruh langsung bagi kesehatan masyarakat dan kenyamanan kota (Han, 2005).

Pencemaran udara adalah masuknya komponen lain ke dalam udara, yang di sebabkan oleh kegiatan manusia secara langsung maupun secara tidak langsung yang diakibatkan oleh proses alam menyebabkan kualitas udara mengalami penurunan (Chandra, 2012). Menurut WHO, pada setiap tahunnya diperkirakan terdapat 200 ribu kematian akibat *outdoor pollution* pada daerah perkotaan, dimana sekitar 93% kasus terjadi di negara berkembang. Meningkatnya jumlah transportasi berpengaruh besar terhadap penurunan kualitas udara pada wilayah perkotaan. Lebih dari 50% partikulat di udara ambien bersumber dari transportasi (Han, 2005).

Pertumbuhan kendaraan di perkotaan merupakan pemegang peranan penting dalam pencemaran udara yang terjadi. Menurut data Kota Yogyakarta dalam tahun 2016-2019 mengalami peningkatan setiap tahunnya seperti jumlah kendaran pada tahun 2016 sebesar 365.287 kendaraan yang terdiri dari mobil penumpang, bus, truk, dan sepeda motor sedangkan di tahun 2019 jumlah total kendaraan di Kota Yogyakarta sebesar 542.572. Dalam berbagai studi menunjukkan bahwa transportasi menyumbang setidaknya 70% lebih dari total pencemaran udara (Yusrianti, 2015).

Salah satu bahan pencemar udara yang telah terbukti dapat menyebabkan gangguan kesehatan adalah nitrogen dioksida. Nitrogen dioksida adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi kualitas udara. Kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen dan 1% gas-gas yang lain, sehingga pada proses pembakaran dalam kegiatan industri maupun dalam aktifitas kendaraan bermotor, akan terjadi proses reaksi kimia yang menghasilkan NO<sub>x</sub> (Susanto, 2004).

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah senyawa gas di atmosfer yang merupakan komponen besar yang terdiri dari nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang sedikit. Gas-gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda pada setiap gasnya dan gas-gas tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan. NO<sub>2</sub> berpengaruh buruk terhadap kesehatan manusia yang dapat menyebabkan menurunnya fungsi paru-paru dan meningkatnya risiko kanker (Hamra et al., 2015; WHO, 2013).

Dengan meningkatnya jumlah kendaraan dan bahaya akan paparan gas nitrogen dioksida NO<sub>2</sub> bagi makhluk hidup, penelitian ini dilakukan untuk dapat menganalisis besarnya paparan gas NO<sub>2</sub> pada beberapa titik di Kota Yogyakarta akibat kendaraan dan juga industri serta faktor-faktor lain seperti faktor suhu, vegetasi (pohon, dan ruang terbuka hijau) serta pertumbuhan penduduk. Pentingnya penelitian ini juga agar dapat menganalisis laju pertumbuhan kendaraan dan industri terhadap jumlah konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien serta memprediksi risiko kesehatan lingkungan terhadap para pedagang berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta (Marpaung, 2012).

## **1.2 Perumusan Masalah**

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

1. Bagaimana hubungan rata-rata Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan Kota Yogyakarta?
2. Bagaimana perbandingan konsentrasi NO<sub>2</sub> di wilayah Kota Yogyakarta berdasarkan penggunaan lahannya?
3. Seberapa besar tingkat risiko gangguan kesehatan kronis non karsinogenik pada penduduk akibat paparan NO<sub>2</sub> di udara ambien?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisa hubungan rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah kendaraan Kota Yogyakarta tahun 2016-2018.
2. Menganalisa perbedaan tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> berdasarkan penggunaan lahannya.
3. Menganalisis dampak risiko Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) terhadap pedagang di 9 titik lokasi pemantauan Kota Yogyakarta tahun 2018.

### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian Kota Yogyakarta
2. Pengukuran NO<sub>2</sub> dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DIY pada rentan tahun 2016-2018
3. Penelitian dilakukan pada 9 titik dan 4 kecamatan di Kota Yogyakarta
4. Penelitian dilakukan di Kecamatan Gondokusuman, Umbulharjo, Mergangsan, dan Jetis
5. Titik penelitian berdasarkan dari kategori kawasan padat kendaraan menurut DLH Provinsi Yogyakarta
6. Penelitian ini menggunakan studi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)
7. Data penelitian yang digunakan menggunakan data sekunder antara lain:
  - a) Dokumen informasi kinerja pengelolaan lingkungan hidup daerah yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta 2016 - 2018.
  - b) Data dokumen Kota Yogyakarta dari badan statistik Kota Yogyakarta tahun 2016-2018.
  - c) Data analisis risiko kesehatan lingkungan yang mengacu kepada data statistika DIY.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Udara merupakan campuran dari berbagai macam gas yang didominasi oleh gas nitrogen (N). Campuran gas dan zat tersebut secara alamiah masuk ke dalam udara melalui proses gas hasil pembusukan, debu akibat erosi, dan serbuk tepung sari yang terbawa angin. Menurut Sunu (2001), udara adalah atmosfer yang ada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting untuk kehidupan di muka bumi ini, dalam udara terdapat oksigen (O<sub>2</sub>) untuk bernafas, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun, dan ozon (O<sub>3</sub>) untuk menahan sinar ultraviolet dari matahari.

Sektor transportasi merupakan sektor yang berperan sangat besar dalam pencemaran udara. Pada sektor perkotaan, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%, sementara kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15%, dan sisanya berasal dari sumber pembakaran lain seperti rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain (BPLH DKI Jakarta, 2013).

#### **2.2 Jenis Pencemaran Udara**

Menurut (Soedomo, 2001) ada beberapa jenis pencemaran udara tergantung dari pengelompokannya, yaitu:

1. Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar berupa:
  - a. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
  - b. Gas (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, Hidrokarbon)
  - c. Energi (suhu dan kebisingan)
2. Berdasarkan kejadian terbentuknya pencemar, yaitu:
  - a. Pencemar primer ialah pencemar yang diemisikan langsung oleh sumber.

b. Pencemar sekunder ialah pencemar yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat.

3. Berdasarkan pola penyebaran emisi pencemar, yaitu:

a. Sumber titik (point source) ialah sumber yang diam, seperti cerobong asap.

b. Sumber garis (line source) ialah sumber yang bergerak berasal dari kendaraan bermotor.

c. Sumber area (area source) ialah sumber berasal dari pembakaran terbuka di daerah permukiman, pedestrian dan lain-lain.

### **2.2.1 Sumber Pencemaran Udara**

Dalam peraturan mengenai pengelolaan udara di Indonesia mendefinisikan sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya.

Sumber pencemar udara dapat bersifat alami maupun antropogenik (aktivitas manusia). Menurut Wardhana (2004), terdapat dua sumber pencemar udara, yaitu:

1. Faktor internal (secara alamiah), seperti:

a. Debu yang beterbangan di udara akibat tiupan angin.

b. Abu (debu) dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik.

c. Proses pembusukan sampah organik, dan lain-lain.

2. Faktor eksternal (antropogenik), seperti:

a. Hasil pembakaran bahan bakar fosil.

b. Debu atau serbuk dari kegiatan industri.

c. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

## **2.2.2 Nitrogen Dioksida**

### **A. Faktor Sumber**

Dalam peraturan mengenai pengelolaan udara di Indonesia mendefinisikan sumber pencemar dari setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan fungsi udara menjadi menurun tidak sebagaimana mestinya.

Di dalam Rumah Nitrogen oksida terutama berasal dari kompor minyak tanah, kompor gas, pemanas air di kamar mandi, yang menggunakan minyak tanah dan asap rokok di dalam ruangan. US-EPA menetapkan bahwa batas aman untuk kadar  $\text{NO}_2$  di dalam ruangan setenag dari peraturan batas aman di luar ruangan.

Nitrogen Dioksida yang berasal dari kebarakan hutan di hasilkan pada pembakaran sebagian besar bergantung pada kandungan N dari bahan bakar. Konversi N bahan bakar ke  $\text{NO}_2$  dapat bervariasi dari kira-kira 5% untuk kayu hingga mendekati 40% untuk tanah organik.

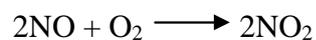
Sumber utama nitrogen okside adalah pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pengelolaan sampah. Dari pencatatan yang dilakukan didapatkan konsentrasi NOX didaerah perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi dari konsentrasi yang ada di daerah pedesaan. Beberapa pencatatan tentang konsentrasi puncak keseluruhan NOX dilaporkan di Los Angeles mencapai 3,75 ppm, Nearby Burbank 2 ppm, New Orleans 0,63 ppm dan di Phoenik mencapai 0,8 ppm. Konsentrasi maksimum biasanya terjadi pada musim dingin, kecepatan angin rendah dan berkurangnya sinar matahari (solar radiation) (Howard, 2009).

### **B. Karakteristik**

Nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Selain zat tersebut, masih banyak bentuk nitrogen oksida lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Sifat dari NO ialah gas yang tidak

berwarna dan tidak berbau sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam.

Jumlah NO di udara lebih besar daripada NO<sub>2</sub>. Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Udara terdiri dari 80% nitrogen dan 20% oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1210°C) kedua zat tersebut dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga dapat mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210–1.765°C. Oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi, reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran (Fardiaz, 1992).

### C. Sumber

NO<sub>2</sub> terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan (NO<sub>x</sub>) bereaksi dengan bahan kimia lain di udara untuk membentuk nitrogen dioksida. Sumber utama nitrogen dioksida yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak), terutama bensin digunakan oleh kendaraan bermotor. Di daerah perkotaan 80% NO<sub>2</sub> dihasilkan oleh kendaraan bermotor. NO<sub>2</sub> juga dapat dihasilkan dari proses pembuatan asam nitrat, pengelasan dan bahan peledak. Sumber-sumber lain NO<sub>2</sub> yaitu proses penyulingan bensin dan logam, industri pengolahan komersial, dan industri pengolahan makanan. Sumber alaminya terjadi dari proses gunung berapi dan bakteri (*Ministry for the Environment*, 2009).

#### **D. Siklus Fotolitik**

Banyak pengaruh yang merugikan lingkungan yang ditimbulkan akibat polusi NO<sub>x</sub> namun bukan disebabkan oleh zat tersebut, melainkan karena adanya peranan dalam pembentukan oksidan fotokimia yang merupakan komponen berbahaya di dalam asap. Produksi oksidan tersebut terjadi jika terdapat polutan-polutan lain yang mengakibatkan reaksi-reaksi yang melibatkan NO dan NO<sub>2</sub>. Reaksi-reaksi tersebut disebut siklus fotolitik NO<sub>2</sub> dan merupakan akibat langsung dari interaksi antara sinar matahari dengan NO<sub>2</sub>. Tahap-tahap reaksi tersebut adalah sebagai berikut:

1. NO<sub>2</sub> mengabsorpsi energi dalam bentuk sinar ultraviolet dari matahari.
2. Energi yang diabsorpsi tersebut memecah molekul-molekul NO<sub>2</sub>.

Molekul-molekul NO dan atom oksigen (O). Atom oksigen yang terbentuk bersifat sangat reaktif. Atom-atom oksigen akan bereaksi dengan oksigen atmosfer (O<sub>2</sub>) membentuk ozon (O<sub>3</sub>) yang merupakan polutan sekunder. Ozon akan bereaksi dengan NO membentuk NO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> sehingga reaksi menjadi lengkap.

Pengaruh dari siklus tersebut mengakibatkan terjadinya siklus NO<sub>2</sub> secara sangat cepat. Jika tidak terdapat reaktan lainnya di atmosfer, siklus tersebut tidak akan berpengaruh apapun. Konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> di udara tidak akan berubah karena O<sub>3</sub> dan NO akan terbentuk dan menghilang dengan jumlah seimbang.

Reaksi yang dapat mengganggu siklus fotolitik tersebut adalah adanya hidrokarbon yang sering dihasilkan secara bersamaan dengan sumber NO<sub>x</sub>. Hidrokarbon akan berinteraksi, sehingga siklus tersebut menjadi tidak seimbang dan NO akan diubah menjadi NO<sub>2</sub> lebih cepat daripada disosiasi NO<sub>2</sub> menjadi NO dan O. Keadaan ini mengakibatkan ozon terkumpul di atmosfer (Fardiaz, 1992).

#### **2.3 Dampak NO<sub>2</sub> Terhadap Kesehatan**

Sifat racun (toksisitas) gas NO<sub>2</sub> empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling cepat merasakan dampak yang ditimbulkan oleh gas NO<sub>2</sub> adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO<sub>2</sub> akan

mengalami pembengkakan sehingga penderita sulit untuk bernafas dan dapat mengakibatkan kematian. Udara yang mengandung gas NO dalam amang batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem *syaraf* yang mengakibatkan kejang-kejang bagi tubuh penderita. Bila keracunan ini terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan kelumpuhan secara total. Gas NO dapat menjadi sangat berbahaya jika gas tersebut teroksidasi oleh oksigen yang mengakibatkan gas NO menjadi gas NO<sub>2</sub> (Wardhana, 2004).

Frekuensi pajanan NO<sub>2</sub> dengan konsentrasi yang tinggi dapat menurunkan fungsi paru-paru khususnya pada anak-anak. Hal ini dapat menurunkan pertahanan terhadap penyakit paru-paru, agen *bronchoconstrictive* dan penyebab iritasi lainnya. NO<sub>2</sub> juga meningkatkan resiko untuk gangguan kelahiran termasuk berat lahir rendah atau *prematunitas*, gangguan pertumbuhan intra-uterus, cacat lahir, kelahiran dan kematian. Karena NO<sub>2</sub> berasal dari sumber kendaraan, NO<sub>2</sub> juga sangat terkait dengan *particulate matter*, sehingga sangat sulit untuk membedakan dampak dari masing-masing polutan (CAI-Asia Factsheet, 2010).

Gas NO<sub>2</sub> dapat mengiritasi hidung dan tenggorokan, terutama pada orang yang memiliki riwayat penyakit asma, dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan. Ozon terbentuk ketika gas NO<sub>2</sub> dan gas lainnya bereaksi dengan bantuan sinar matahari, juga dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- Mengiritasi sistem pernapasan dan menyebabkan batuk, iritasi tenggorokan dan sensasi tidak nyaman di dada.
- Mengurangi fungsi paru-paru, menyebabkan pernapasan yang lebih cepat dan pendek sehingga dapat membatasi kemampuan seseorang untuk aktif beraktivitas.
- Meningkatkan kepekaan terhadap *alergen* seperti bulu hewan peliharaan, serbuk sari dan tungau debu yang sering memicu serangan asma.
- Meradangkan lapisan paru-paru. Tetapi penelitian menunjukkan bahwa peradangan berulang selama jangka waktu yang lama dapat menyebabkan

jaringan parut permanen dan menghilangkan fungsi paru-paru (MassDEP, 2012).

McGranahan dan Murray (2003) dalam bukunya menjelaskan bahwa  $\text{NO}_2$  sangat reaktif dan telah dibuktikan menyebabkan *bronchitis* dan *pneumonia*, serta dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan.

#### **2.4 Dampak $\text{NO}_2$ Terhadap Lingkungan**

Pencemaran udara oleh gas  $\text{NO}_2$  dapat menyebabkan timbulnya *Peroxy Acetil Nitrates* ini menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata terasa pedih dan berair. Campuran PAN bersama senyawa kimia lainnya yang ada di udara sehingga dapat menyebabkan terjadinya kabut fotokimia atau *Photo Chemistry smog* yang akan berdampak terhadap lingkungan dan bersifat karsinogenik. Salah satu dampak terhadap lingkungan di jalan raya yaitu akibat timbulnya asap tebal yang dapat mengakibatkan berkurangnya jarak pandang sehingga bisa menyebabkan kecelakaan (Seaton, 2015).

*Photo Chemistry Smog* atau asap kabut fotokimia merupakan campuran kompleks dari berbagai macam pencemar yang terbentuk karena reaksi-reaksi kimia yang terjadi dengan sinar matahari. Asap kabut fotokimia disebabkan oleh beberapa senyawa polutan dari beberapa sumber yang merupakan aktivitas manusia sehari-hari (Smith, 2015).

#### **2.5 Baku Mutu Udara Ambien**

Pemerintah Republik Indonesia telah mengeluarkan Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) di dalam Peraturan Pemerintah tentang Pengendalian Pencemaran Udara (PP Nomor 41 tahun 1999). Baku mutu ini memiliki:

- a) 9 parameter yang berlaku untuk menilai kondisi udara ambien secara umum.
- b) 4 parameter lain yang hanya berlaku untuk menilai kondisi udara ambien di kawasan industri kimia dasar.

Tiap parameter disertai nilai maksimalnya. Nilai-nilai tersebut umumnya dinyatakan dalam satuan konsentrasi, yaitu berat senyawa polutan dalam

mikrogram ( $\mu\text{g}$ ) per meter kubik udara dalam kondisi normal (umumnya pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 1 atmosfer). Kualitas udara ambien dikatakan baik jika konsentrasi polutan-polutannya masih di bawah nilai baku mutunya (Kementrian Lingkungan Hidup, 2007). Nilai BMUA disediakan untuk beberapa waktu ukur rata-rata (*averaging time*).

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien  $\text{NO}_2$

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
Nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ )	1 jam	$400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	24 jam	$150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	1 tahun	$100 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Sumber: PP Nomor 41 tahun 1999

## 2.6 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Udara

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara adalah sumber emisi, kondisi meteorologi, dan tata guna lahan.

### 1) Sumber emisi

Menurut peraturan pemerintah No.41 Tahun 1999, emisi adalah zat yang dihasilkan dalam suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara ambien sehingga mempunyai potensi sebagai salah satu unsur pencemar di udara. Evaluasi tentang tingkatan kualitas udara di suatu wilayah perlu dipahami secara baik dan benar, baik dari segi kuantitas maupun karakteristik emisi. Emisi yang keluar dari proses kegiatan dihubungkan dengan jenis dan banyaknya polutan yang dikeluarkan untuk menjadi suatu indikator dari kapasitas produksi, banyak dan jenis bahan bakar yang terpakai, serta jarak tempuh kendaraan. Sumber emisi lain yang berkontribusi sebagai sumber emisi antara lain seperti aktifitas industri dan aktifitas permukiman (Liu, 2009).

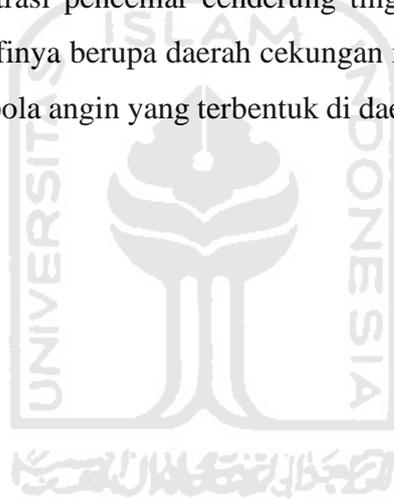
### 2) Kondisi meteorologi

Menurut Supriyadi (2009), proses dispersi polutan di atmosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik meteorologi seperti stabilitas atmosfer, distribusi angin, suhu

udara, radiasi surya, dan kelembaban udara dan juga dipengaruhi oleh gejala cuaca seperti presipitasi dan stabilitas atmosfer, tingkat curah hujan juga berpengaruh terhadap konsentrasi larutan di mana contoh  $\text{NO}_2$  di udara akan larut dan dalam air hujan.

### 3) Tata guna lahan

Topografi setempat mempengaruhi kondisi meteorologi yang selanjutnya mempengaruhi pola dispersi polutan di udara. Sebagai contoh perbedaan temperatur antara daratan dengan lautan menimbulkan sirkulasi antara angin lokal (darat-laut) dan lapisan batas internal termal. Jika polutan dilepaskan di daerah pantai, akumulasi konsentrasi pencemar cenderung tinggi pada daerah tersebut. sementara itu bila topografinya berupa daerah cekungan maka konsentrasi polutan akan terakumulasi akibat pola angin yang terbentuk di daerah tersebut (Eko, 2009).

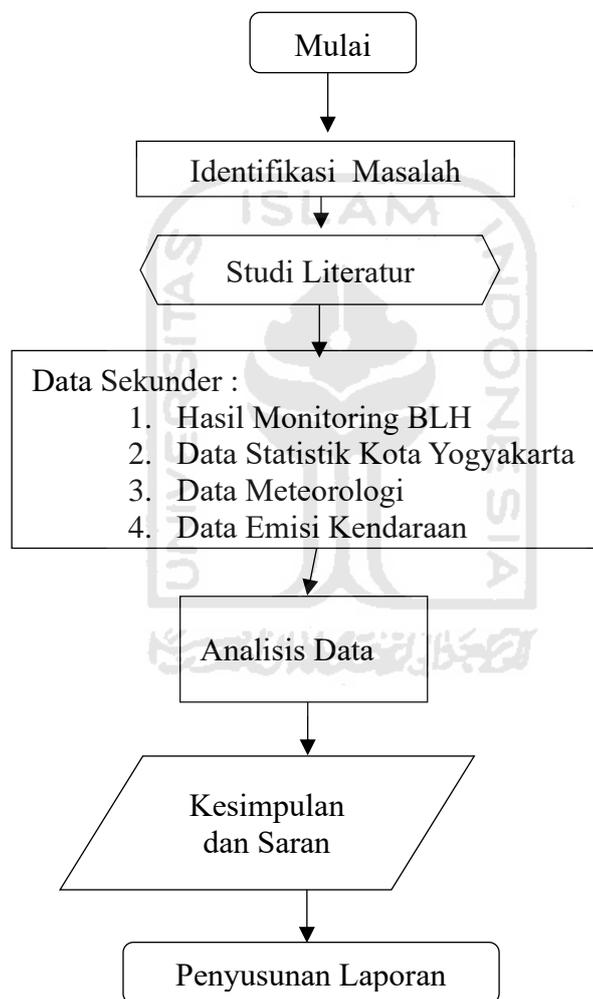


### BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti berikut:



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

### 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di 9 titik dan 4 Kecamatan di Kota Yogyakarta yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Yogyakarta pada tahun 2016-2018. 9 Titik penelitian berada di kecamatan Gondokusuman, Jetis, Umbulharjo, dan Mergangsan akan di tampilkan pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Lokasi Penelitian

No	Titik Penelitian	Kode	Koordinat
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 Bringhamarjo	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

Berdasarkan Tabel 3.1 di tampilkan 9 titik pengambilan sampel yang di lakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta. Penentuan titik lokasi sampling didasarkan pada tingkat kerapatan dan ketinggian bangunan di sekitar lokasi penelitian. Sampling dilakukan pihak Badan Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta berdasarkan SNI 7119-2-2017. Untuk penelitian dan analisis terhadap risiko kesehatan lingkungan digunakan titik penelitian dengan kode DPB terhadap para pedagang di kawasan tersebut.

### 3.2.1 Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, peneliti tidak mengambil sampel secara langsung atau tidak ikut dalam kegiatan sampling. Pengambilan sampel dilaksanakan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Kota Yogyakarta. Prosedur pemantauan NO<sub>2</sub> tertulis dalam Buku *Standard Operasional Procedure (SOP)* tentang Pelaksanaan Pemantauan NO<sub>2</sub> di Udara Ambien dengan Metode Pasif yang mengacu pada SNI 19-7119.9-2005.

### 3.3 Analisis NO<sub>2</sub>

Penelitian dilakukan dengan studi analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang bertujuan memperkirakan risiko yang diterima suatu masyarakat akibat pajanan agen-agen pencemar di lingkungan. Analisis risiko kesehatan lingkungan bukan studi epidemiologi yang memaparkan efek-efek kesehatan dan agen sebagai variabel independen dengan tujuan memperoleh hubungan kualitas antar variabel yang dipaparkan.

Nitrogen Dioksida merupakan suatu komponen utama yang mempengaruhi kualitas udara. Kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen dan 1% gas-gas lainnya, sehingga proses pembakaran pada kegiatan industri maupun pada kendaraan bermotor, akan terjadi proses reaksi yang menghasilkan NO<sub>x</sub> (Susanto, 2004)

Pajanan Gas NO<sub>2</sub> dapat menyebabkan iritasi lendir, sinus, faring, respirasi atau pernapasan tidak teratur, bahkan dapat menyebabkan edema paru (Nitrogen dioxide MSDS, 2016). Efek terhadap gas toksik ini bergantung pada dosis serta lamanya pajanan. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor tiap tahun dapat berdampak pada peningkatan NO<sub>2</sub> dan akan memberikan efek negatif pada kesehatan manusia (Wijayanti, 2012). Pengaruh gas NO<sub>2</sub> dalam konsentrasi tinggi terhadap lingkungan akan menyebabkan udara di luar terlihat kecoklatan (*brown air cities*), hal ini akan memicu terbentuknya senyawa photochemical smog ketika NO<sub>2</sub> bereaksi dengan panas matahari dan hidrokarbon di udara. Senyawa itu antara lain ozon, aldehid, dan PAN (Peroksi asil nitrat)

Bahaya dari pajanan NO<sub>2</sub> senyawa ini dapat merusak saluran pernapasan, iritasi paru-paru dan mata dan juga berkontribusi terhadap kerusakan jantung, paru-paru, hati dan ginjal.

### 3.4 Metode Analisis dan Pengolahan Data

Analisis data dilakukan dengan metode pemodelan beban pencemar dari kendaraan bermotor. Teknik analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif untuk menentukan konsentrasi polutan akibat emisi kendaraan bermotor di udara:

- 1) Menganalisa komposisi lalu lintas dari tahun 2016-2018. Tujuan menganalisis komposisi lalu lintas adalah untuk mengetahui jumlah kendaraan setiap tahunnya di Kota Yogyakarta.
- 2) Menghitung beban emisi per kendaraan tahun 2016-2018 di Kota Yogyakarta dengan menggunakan rumus :

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

Keterangan :

E : Beban emisi (ton/tahun)

Volume Kendaraan : Jumlah Kendaraan (tahun)

VKT: Total Panjang perjalanan yang dilewati (km)

Fe : Faktor Emisi (g/km/kendaraan)

Untuk nilai dari VKT di gunakan panjang jalan nasional (km)  
Kota Yogyakarta x panjang jalan kota (m)

- 3) Menganalisa hubungan antara jumlah kendaraan dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien
- 4) Menganalisa hubungan antara faktor meteorologi terhadap konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien
- 5) Menganalisa perbedaan tingkat konsentrasi pada daerah industri dengan daerah komersil
- 6) Menganalisa pengaruh nilai konsentrasi Gas Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) terhadap baku mutu udara ambien

Baku mutu udara ambien nasional diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran

Udara. Sedangkan untuk di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta baku mutu udara daerah diatur dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta seperti tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Baku Mutu Udara Ambien

Parameter	Waktu Pengukuran	BMUA Primer		
		$\mu g / m^3$	Metode Analisis	Peralatan
NO <sub>2</sub>	1 jam	400	<i>Griess-Saltzman</i>	Spektrofotometer

Sumber: Pergub DIY No.153 tahun 2002

#### 3.4.1 Analisis Resiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Penelitian dilakukan dengan studi analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang bertujuan memperkirakan risiko yang diterima suatu masyarakat akibat pajanan NO<sub>2</sub> di lingkungan. Analisis risiko kesehatan lingkungan bukan studi epidemiologi yang memaparkan efek-efek kesehatan dan agen sebagai variabel independen dengan tujuan memperoleh hubungan kualitas antar variabel yang dipaparkan.

Prosedur penelitian dalam metode ARKL meliputi langkah-langkah sebagai berikut yaitu:

a. Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)

Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis NO<sub>2</sub> yang terdapat di dalam udara ambien lingkungan kecamatan Jetis, Umbulharjo, Gondokusuman, Megangsan di Kota Yogyakarta.

b. Analisis Pemajanan Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan risk agent agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam Persamaan berikut :

$$I = \frac{C \times R \times T \times F \times D}{W \times T_{avg}} \dots \dots \text{(Persamaan 2)}$$

c. Karakteristik Risiko (*Risk Characteristic*)

Karakteristik risiko adalah prakiraan risiko numerik yang didapatkan dari perbandingan asupan (*intake*) dengan dosis referensi (RfC). Tingkat risiko dapat dinyatakan dengan Risk Quotients (RQ). Risiko kesehatan perlu dikendalikan jika  $RQ > 1$ , jika  $RQ \leq 1$ , dan risiko tidak perlu dikendalikan tetapi kondisi harus dipertahankan agar nilai RQ tidak melebihi 1.

d. Manajemen Risiko

Langkah tidak lanjut yang harus dilakukan bilamana hasil karakteristik risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun unacceptable. Strategi pengelolaan yang dapat dilakukan salah satunya adalah penentuan batas aman.

e. Karakteristik Risiko

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

$$RQ = \frac{Ink}{Rfd \text{ atau } RfC} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 3)}$$

Untuk mengetahui batas aman konsentrasi NO<sub>2</sub> maka digunakan persamaan berikut:

$$C \text{ aman} = \frac{Wb \times t_{avg} \times RfC}{R \times tE \times fE \times Dt} \dots \dots \dots \text{(Persamaan 4)}$$

Baik Ink maupun RfD atau RfC harus spesifik untuk bentuk spesifik kimia risk agent dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu

dikendalikan jika  $RQ > 1$ . Jika  $RQ \leq 1$ , risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan.

Catatan : untuk poin a sampai d data yang di peroleh berupa data sekunder

Tabel 3.3 Keterangan Simbol

No	Simbol	Keterangan	Nilai	Jenis Data	Sumber
1	I	Asupan ( <i>Intake</i> ), (mg/kg/hari)	Perhitungan	Primer	Perhitungan
2	C	Konsentrasi <i>risk agent</i> , (mg/m <sup>3</sup> ) untuk medium udara	Konsentrasi NO <sub>2</sub> (2018)	Sekunder	Badan Lingkungan Hidup, D.I Yogyakarta 2018
3	R	Laju asupan (m <sup>3</sup> /jam)	0,83	Sekunder	Kolluru <i>et al.</i> 1996
4	t <sub>E</sub>	Waktu pajanan (Pedagang) (jam)	7-8 jam	Primer	Kuisisioner
5	f <sub>E</sub>	Frekuensi pajanan	312 hari	Primer	Kuisisioner
6	D <sub>t</sub>	Durasi pajanan, (tahun) ( <i>lifetime</i> )	30-40 tahun	Primer	Kuisisioner
7	W <sub>b</sub>	Berat Badan (kg)	45-60 kg	Primer	Kuisisioner
8	t <sub>avg</sub>	Periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik)	10950	Sekunder	US.EPA
9	RfC	<i>Reference of Concentration</i>	0,02	Sekunder	US.EPA

### 3.4.2 Populasi dan Sampel

#### a) Populasi

Populasi adalah jumlah keseluruhan dari satuan-satuan atau individu-individu yang karakteristiknya hendak diteliti. Dalam penelitian ini populasi yang diteliti adalah jumlah pedagang yang berada pada 9 lokasi penelitian. Dengan jumlah populasi pedagang sejumlah 119 orang. Populasi yang di gunakan merupakan populasi dari pedagang pada tahun 2020

Tabel 3.4 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

b) Sampel

Sampel dalam penelitian ini dapat di tentukan berdasarkan populasi yang didapat kemudian di olah kembali menggunakan rumus slovin dengan rentang kesalahan 0,5% sehingga didapat 35 sampel total dari 9 titik lokasi penelitian. Perhitungan sampel dengan menggunakan rumus *slovin* sebagai berikut:

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

$$n = \frac{119}{1 + (119 \times 0,05)^2} = 35$$

Keterangan:

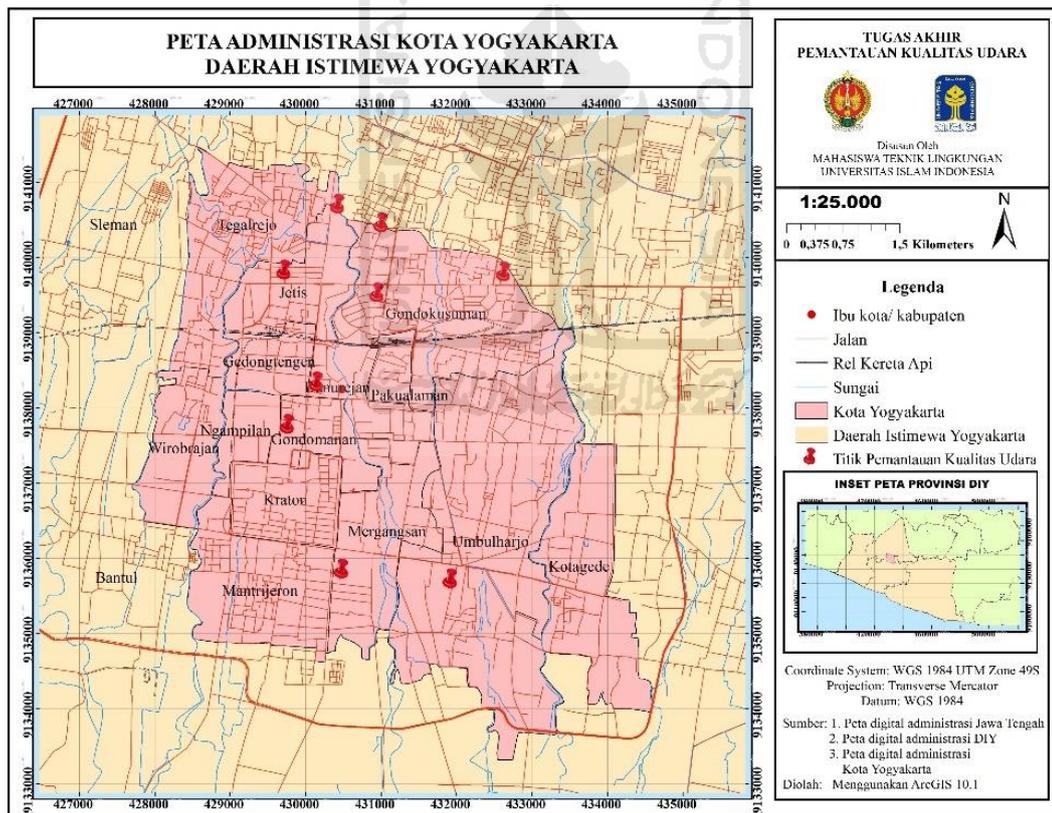
- n : Jumlah sampel
- N : Besar/ jumlah populasi
- e : Batas toleransi kesalahan (*error tolerance*)

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Yogyakarta menggunakan data sekunder tahunan konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang di pantau oleh Badan Lingkungan Hidup DIY, dan juga data Statistik Kota Yogyakarta yang di keluarkan oleh Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa konsentrasi  $\text{NO}_2$  yang berada di udara ambien Kota Yogyakarta berdasarkan titik pemantauan yang dilakukan oleh BLH DIY pada rentan tahun 2016-2018. Berikut di tampilkan Peta administrasi Kota Yogyakarta pada gambar 4.1 sebagai berikut:



Sumber: Portal.Ina-sdi.or.id

Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terdiri dari 9 titik pemantauan 9 titik pemantauan berada di Perempatan Mirota Kampus Jl. C. Simanjuntak NO 70, Terban, Kecamatan Gondokusuman Kota Yogyakarta titik yang ke 2 berada di Depan Hotel Tentrem Jl. P. Mangkubumi, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta. Titik ke 3 berada di depan RS.PKU Muhammadiyah, Ngupasan Kec. Gondomanan, Kota Yogyakarta. Titik ke 4 berada di Jalan Malioboro Kota Yogyakarta tepatnya di depan pasar Beringharjo Kota Yogyakarta. Titik ke 5 berada di depan Hotel Saphir, Jl. Adisutjipto, Demangan, Gondokusuman, Kota Yogyakarta. Titik ke 6 terletak di jalan Sabirin Kota Baru Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta.. Titik ke 7 berada di depan kantor Kecamatan Jetis, Kota Yogyakarta. Titik ke 8 terletak di depan Hotel Matahari, Jl. Parangtritis, Brontokusuman, Kec. Mergangsan, Kota Yogyakarta.

#### 4.1.1 Penduduk

Penduduk Kota Yogyakarta adalah semua orang yang menetap di wilayah Kota Yogyakarta selama 6 bulan atau lebih dan atau mereka yang menetap kurang dari 6 bulan untuk bertujuan menetap dalam jangka waktu yang lama. Tabel 4.1 dibawah ini merupakan gambaran jumlah penduduk yang berada atau menetap di Kota Yogyakarta dari tahun 2016-2018

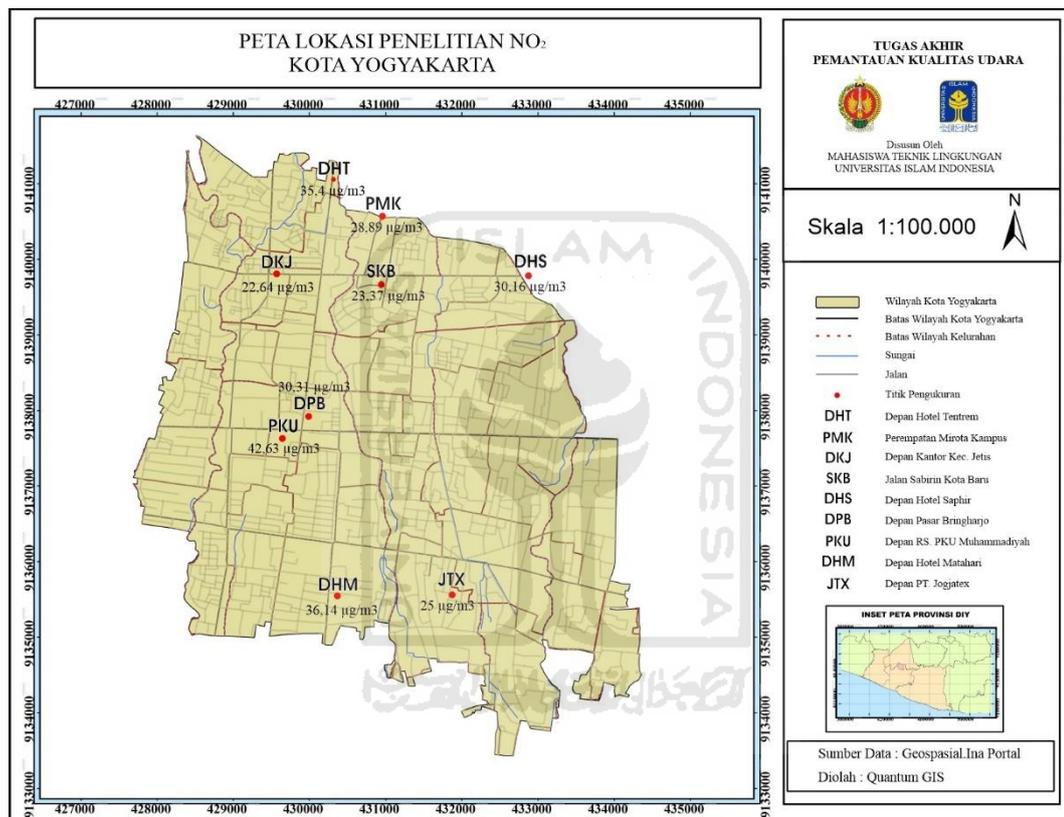
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Laki-laki	Perempuan
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 2016-2018

## 4.2 Konsentrasi NO<sub>2</sub> Pada Setiap Titik Pengamatan di Kota Yogyakarta

Pada penelitian ini pengambilan sampel konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh DLH Provinsi Yogyakarta dilakukan pada 9 titik yang terdiri dari 4 kecamatan di Kota Yogyakarta, 4 kecamatan yang menjadi titik pengambilan sampel meliputi Kecamatan Umbulharjo, Kecamatan Gondomanan, Kecamatan Jetis, dan Kecamatan Mergangsan.



Sumber: Portal.Ina-sdi.or.id

**Gambar 4.2** Peta Persebaran Pemantauan NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta

Berdasarkan Gambar 4.2 terdapat lokasi persebaran pemantauan NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> pada tahun sebelumnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Konsentrasi NO<sub>2</sub> di titik pemantauan

Kode lokasi pemantauan	Parameter NO <sub>2</sub> Berdasarkan Tahun (µg/Nm <sup>3</sup> )		
	2016	2017	2018
PMK	38	33,23	28,89
DHT	39,6	31,71	35,4
PKU	49,15	47,46	42,63
DPB	52,31	32,35	30,31
DHS	40,72	31,21	30,16
SKB	26,6	25,24	23,37
DKJ	34,07	24,05	22,04
DHM	49,23	47,9	36,14
JTX	30,34	25,06	25

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta tahun 2016-2018

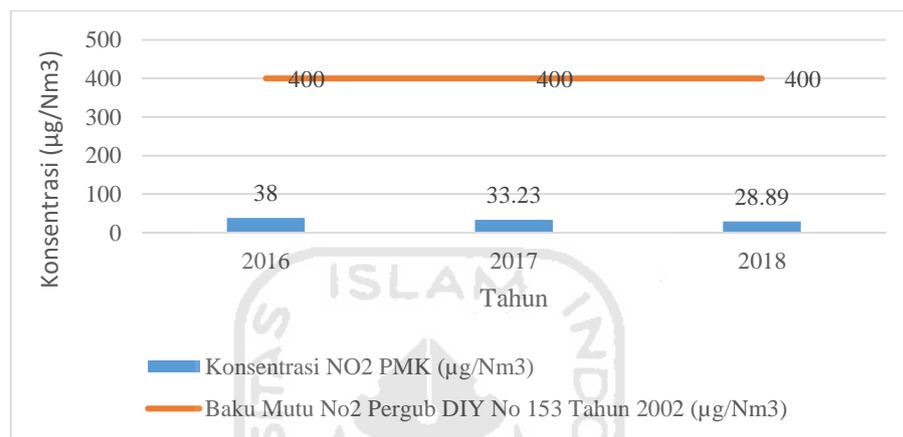
Menurut data yang di ambil oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada setiap titik pemantauan mengalami penurunan dan kenaikan yang berbeda pada setia titik pemantauan dalam rentang tahun 2016 hingga 2018 dan pada tahun 2017 hingga 2018 konsentrasi mengalami penurunan dan kenaikan konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> tidak mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak begitu signifikan pada semua titik pemantauan, namun ada beberapa titik pemantauan yang mengalami penurunan dan kenaikan konsentrasi yang cukup signifikan.

Di Amerika Serikat, banyak pembangkit tenaga listrik tenaga batu bara menggunakan *Flue Gas Desulfurization* (FGD) untuk menghilangkan gas yang mengandung belerang dari cerobong mereka. Sebagai contoh FGD adalah *wet scrubber* yang umum digunakan di Amerika Serikat dan negara-negara lainya hal ini di lakukan untuk mengurangi polusi udara dari pajanan NO<sub>2</sub> (Mayer, 2015).

#### 4.2.1 Analisis Penurunan Konsentrasi Tahunan NO<sub>2</sub> Pada Beberapa Lokasi

Setiap tahunnya konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara berubah-ubah sesuai dengan faktor yang mempengaruhinya. Berikut ini analisis penurunan konsentrasi tahunan NO<sub>2</sub> pada beberapa titik lokasi pemantauan:

Titik Pemantauan Dengan Kode PMK

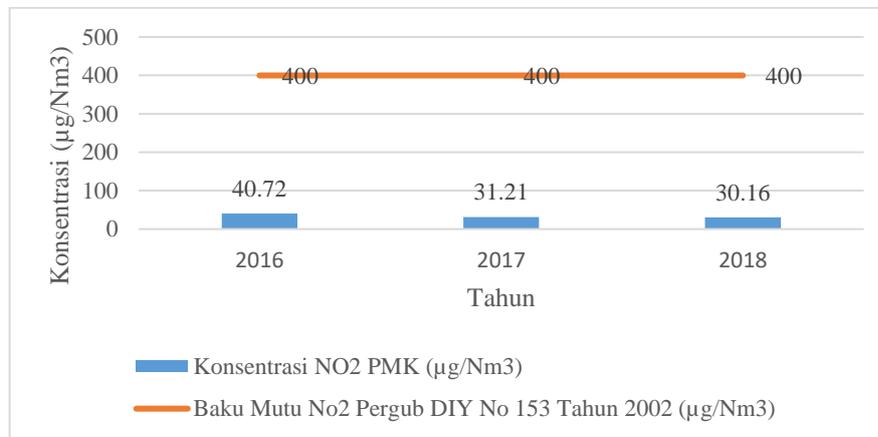


Gambar 4.3 konsentrasi NO<sub>2</sub> di Perempatan Mirota Kampus

Lokasi titik pemantauan dengan kode PMK berada di Perempatan Mirota Kampus Jl. C. Simanjuntak NO 70, Terban, Kecamatan Gondokusuman Kota Yogyakarta, dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 38 µg/Nm<sup>3</sup> pada tahun 2016, kemudian 33,23 µg/Nm<sup>3</sup> pada tahun 2017 dan 28,89 µg/Nm<sup>3</sup> pada tahun 2018. Menurut gambar 5 konsentrasi pada titik ini mengalami penurunan pada tahun 2016 hingga 2018 banyak faktor yang memungkinkan hal ini terjadi konsentrasi NO<sub>2</sub> yang didapatkan rendah dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi dan aktivitas kendaraan bermotor (Istirokhatun, 2016)

Waktu pengamatan di setiap tahun yang berbeda dapat juga menjadikan faktor penurunan konsentrasi dikarenakan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada rentang waktu pagi siang dan sore hari relatif berbeda pada siang hari panas matahari cenderung lebih tinggi di bandingkan pada waktu pagi dan sore hari ini hal ini menyebabkan konsentrasi pada siang hari cenderung lebih rendah (Istirokhatun, 2016).

### Titik pemantauan dengan kode DHT

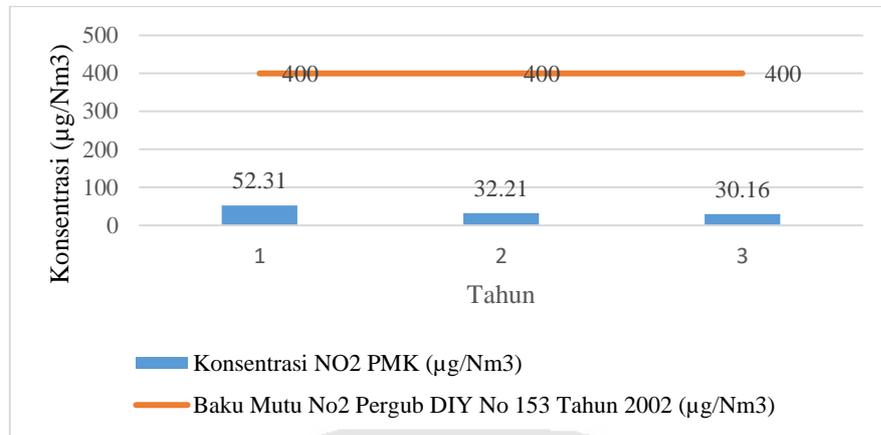


Gambar 4.4 Konsentrasi NO<sub>2</sub> kode DHT

Titik pemantauan dengan kode DHT berada di Depan Hotel Tentrem Jl. P. Mangkubumi, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 39,6 µg/ Nm<sup>3</sup> pada tahun 2016, kemudian 31,71 µg/Nm<sup>3</sup> pada tahun 2017, dan 35,4 µg/ Nm<sup>3</sup> pada tahun 2018. Pada lokasi pemantauan DHT menurut gambar 4.4 konsentrasi NO<sub>2</sub> mengalami fluktuasi dari tahun 2016 hingga 2018 hal ini di pengaruhi oleh fluktuasi jumlah wisatawan yang berkunjung di Kota Yogyakarta.

Jumlah wisatawan mengalami fluktuasi hal ini mengakibatkan fluktuasi konsentrasi juga terjadi ketika jumlah wisatawan meningkat jumlah penggunaan kendaraan dan tingkat kepadatan di jalan akan ikut meningkat sehingga mengakibatkan konsentrasi NO<sub>2</sub> meningkat ketika terjadinya kemacetan yang di akibatkan oleh aktivitas kendaraan (Sahniza, 2015) sehingga konsentrasi NO<sub>2</sub> yang mengalami fluktuasi bisa terjadi dikarenakan waktu pengambilan sampel yang berbeda-beda, di mungkinkan pada tahun 2016 di lakukan pengambilan sampel pada saat puncak pelonjakan jumlah wisatawan sehingga aktifitas kendaraan lebih tinggi dan pada tahun 2017 di lakukan pengambilan sampel pada saat titik terendah jumlah wisatawan (Kushari, 2018) tidak adanya waktu pasti pengambilan data sampel menjadi kekurangan dalam analisis pasti terhadap hubungan wisatawan terhadap konsentrasi NO<sub>2</sub>.

Titik pemantauan dengan kode DPB



Gambar 4.5 Konsentrasi NO<sub>2</sub> kode DPB

Pada titik DPB berada di berada di Jalan Malioboro Kota Yogyakarta tepatnya di depan pasar Bringharjo Kota Yogyakarta dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada tahun 2016 sebesar 52,31 µg/Nm<sup>3</sup>, pada tahun 2017 sebesar 32,35 µg/Nm<sup>3</sup>, dan pada tahun 2018 sebesar 30,31 µg/Nm<sup>3</sup>. Pada tahun 2016 mengalami tingkat konsentrasi yang tinggi jika di bandingkan konsentrasi pada tahun 2017 dan 2018 menurut Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta peningkatan pada tahun 2016 di akibatkan oleh ada pembangunan tempat parkir dan beberapa pembangunan fasilitas di jalan Malioboro dan masih banyaknya parkir liar kendaraan di sepanjang jalan Malioboro sehingga sering terjadinya kemacetan yang relatif panjang (Ramadhani, 2016).

Kebijakan-kebijakan baru yang dibuat oleh pemerintah Kota Yogyakarta membuktikan bahwa dapat menurunkan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada tahun 2017 hingga 2018 kebijakan dan peraturan yang dibuat seperti peraturan larangan parkir secara bebas di sepanjang Jalan Malioboro, larangan untuk kendaraan berhenti terlalu lama di Jalan Malioboro (Fitri, 2018).

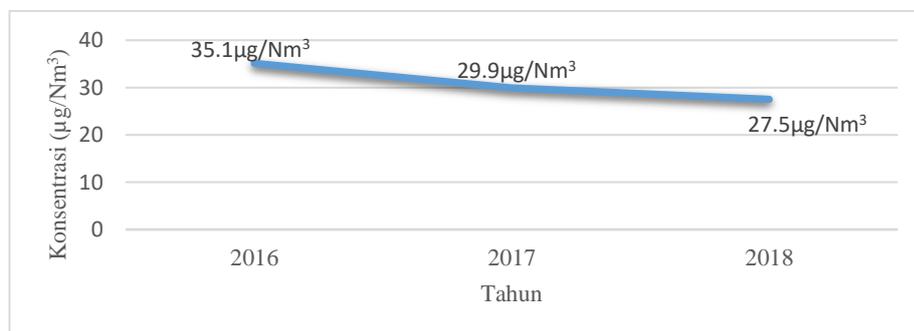
Dilakukannya peraturan baru yaitu kendaraan bermotor di larang melintasi Jalan Malioboro setiap selasa malam atau sering di kenal dengan selasa *wage*. Pembangunan fasilitas-fasilitas yang sudah selesai juga membuat jalanan

Malioboro lancar dan lebih teratur, adanya tempat parkir yang luas membuat kendaraan bermotor yang berkunjung ke Malioboro lebih tertib dan tidak memarkirkan kendaraannya secara liar (Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta, 2018).

Tinggi rendahnya konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> di atmosfer juga berhubungan dengan umur (*lifetime*) NO<sub>2</sub> di atmosfer. NO<sub>2</sub> di atmosfer lebih lama keberadaannya dibandingkan dengan NO karena NO bersifat lebih reaktif (Gasmi, *et al.*, 2017). Umur NO di udara yang singkat, membuat NO berubah dengan cepat menjadi NO<sub>2</sub> dalam interaksinya dengan O<sub>3</sub> atau O<sub>2</sub>. Reaksi fotokimia memecah NO<sub>2</sub> menjadi NO dan O yang selanjutnya akan menghasilkan O<sub>3</sub> dengan keberadaan sinar matahari. Kemudian NO, NO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub> mencapai kondisi *steady state* (Sharma, *et al.*, 2010). Emisi utama NO<sub>x</sub> ke atmosfer dalam bentuk NO, bahkan diperkirakan 95% NO<sub>x</sub> yang diemisikan dalam bentuk NO yang kemudian dioksidasi menjadi NO<sub>2</sub> (Gasmi, *et al.*, 2017).

#### 4.2.2 Konsentrasi Rata-Rata Parameter NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta

Pada penelitian ini konsentrasi NO<sub>2</sub> di ambil dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta pada tahun 2016, 2017, dan 2018 titik pengamatan dilakukan pada 9 titik di Kota Yogyakarta yang terbagi di dalam 4 Kecamatan di Kota Yogyakarta. Data Rata-Rata konsentrasi NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta di sajikan pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta tahun 2016-2018

Gambar 4.6 Konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta

Pada Gambar 4.6 disajikan data konsentrasi NO<sub>2</sub> tahun 2016, 2017, dan 2018 dimana konsentrasi NO<sub>2</sub> pada tahun 2016 sebesar 35,1 µg/Nm<sup>3</sup>, Konsentrasi tahun 2017 sebesar 29,9 µg/Nm<sup>3</sup> dan Konsentrasi pada tahun 2018 sebesar 27,5 µg/Nm<sup>3</sup> sehingga di dapat nilai rata-rata dalam 3 tahun (2016, 2017, 2018) konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 30,8 µg/Nm<sup>3</sup>. Konsentrasi NO<sub>2</sub> dari tahun 2016 hingga 2018 mengalami penurunan, banyak faktor yang mempengaruhi penurunan konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> antara lain faktor suhu. Suhu udara yang rendah menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas udara yang berada di atasnya, akibatnya aliran konveksi udara bergerak lambat sehingga konsentrasi NO<sub>2</sub> menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan (Syech, 2014).

Faktor lainnya yang menyebabkan konsentrasi NO<sub>2</sub> menurun adalah pola aktifitas manusia dalam penggunaan kendaraan bermotor serta pola aktifitas manusia dengan tidak membakar sampah secara langsung karena jika aktifitas tersebut tidak di kendalikan pencemaran udara akan semakin bertambah buruk karena kendaraan bermotor dan pembakaran sampah secara langsung dapat mengakibatkan polusi akibat pembakaran tidak sempurna dari aktifitas tersebut (Seinfeld, 2006).

Kebijakan-kebijakan pemerintah juga berperan penting dalam pengendalian pencemaran udara seperti sekarang pemerintah terus mengupayakan pengadaan uji emisi untuk dapat mengontrol gas buang dari kendaraan bermotor.

#### **4.2.3 Dampak Nitrogen Dioksida terhadap lingkungan**

Gas Nitrogen dioksida ada 2 macam, yakni gas oksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) kedua gas tersebut memiliki sifat yang berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Gas NO yang mencemari udara secara *visual* sehingga sulit diamati hal ini dikarenakan gas tersebut tidak berwarna dan tidak berbau. Sedangkan gas NO<sub>2</sub> bila mencemari udara di lingkungan mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan berwarna coklat kemerahan, jika gas NO berada dalam konsentrasi tinggi akan sangat berbahaya dan dapat menyebabkan gangguan sistem saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan terus berlanjut akan dapat menyebabkan

kelumpuhan terhadap manusia. Gas NO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas tersebut teroksidasi oleh oksigen sehingga menjadi gas NO<sub>2</sub> (Smith, 2015).

Pencemaran udara oleh gas NO<sub>2</sub> dapat menyebabkan timbulnya *Peroxy Acetil Nitrates* ini menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata terasa pedih dan berair. Campuran PAN bersama senyawa kimia lainnya yang ada di udara sehingga dapat menyebabkan terjadinya kabut fotokimia atau *Photo Chemistry smog* yang akan berdampak terhadap lingkungan dan bersifat karsinogenik. Salah satu dampak terhadap lingkungan di jalan raya yaitu akibat timbulnya asap tebal yang dapat mengakibatkan berkurangnya jarak pandang sehingga bisa menyebabkan kecelakaan (Seaton, 2015).

*Photo Chemistry Smog* atau asap kabut fotokimia merupakan campuran kompleks dari berbagai macam pencemar yang terbentuk karena reaksi-reaksi kimia yang terjadi dengan sinar matahari. Asap kabut fotokimia disebabkan oleh beberapa senyawa polutan dari beberapa sumber yang merupakan aktivitas manusia sehari-hari (Smith, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Zarins (2014) terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistim saraf, tikus yang di pajankan sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4-6 menit. Tetapi jika pajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit semua tikus yang di ujikan akan mengalami kematian. NO<sub>2</sub> bersifat racun terutama terhadap paru-paru. Kadar NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi lebih dari 100ppm dapat menyebabkan kematian terhadap hewan yang terpapar dan setelah di lakukan pengecekan terhadap hewan yang di ujikan 90% dari kematian tersebut ( *Edema Pulmonari*). Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian kepada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang (Mayer, 2015).

Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen dioksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO<sub>2</sub> pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daunnya. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat

menyebabkan *nekrosis* atau kerusakan pada jaringan daun. Dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Akibatnya tanaman tidak dapat memproduksi seperti yang di harapkan. Konsentrasi NO sebanyak 10 ppm sudah dapat menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60% hingga 70% (Mayer, 2015) Percobaan dengan fumigasi tanam-tanaman dengan NO<sub>2</sub> menunjukkan terjadinya bintik-bintik pada daun jika digunakan konsentrasi 1,0 ppm, sedangkan dengan konsentrasi yang lebih tinggi (3,5ppm atau lebih) terjadinya *nekrosis* atau kerusakan tenunan daun (Stoker, 2011).

NO<sub>2</sub> yang dibebaskan ke udara terbanyak diproduksi oleh aktivitas bakteri dan aktivitas manusia. NO<sub>2</sub> disini memiliki andil juga sebagai penyumbang sifat hujan asam, dimana dari hujan ini dapat mengakibatkan pelapukan bebatuan dan pengkaratan logam (Mayer, 2015).

Hujan asam adalah salah satu indikator untuk melihat kondisi pencemaran udara. Di udara atmosfer, presipitasi basah dari polutan di udara yang larut dalam awan akan jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju dan kabut. Dengan polutan NO<sub>2</sub> butir-butir air hujan akan membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang menjadikan pH air hujan kurang dari 5,60. Lebih dari 90% emisi NO<sub>2</sub> berasal dari aktivitas manusia. Senyawa sulfat dan nitrat itu akan berpindah dari atmosfer ke permukaan bumi melalui presipitasi dan deposisi langsung yang dikenal dengan istilah deposisi basah dan deposisi kering. Akibat adanya pencemaran udara yang tinggi, daerah-daerah yang padat industri ataupun kendaraan bermotor terutama Kota besar di indonesia telah mengalami hujan asam. Endapan asam yang dihasilkan menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap ekosistem air dan tanah, bangunan-bangunan budaya serta gedung-gedung (Smith, 2015).

Perairan seperti danau yang kelebihan zat asam pada danau akan mengakibatkan sedikitnya spesies yang bertahan hidup. Jenis plankton dan *invertebrate* merupakan makhluk yang paling pertama mati akibat pengaruh pengasaman. Jika air di danau memilii pH di bawah 5, lebih dari 75% dari spesies ikan akan hilang. Ini disebabkan oleh pengaruh rantai makanan, yang secara signifikan berdampak pada keberlangsungan suatu ekosistem (Pascal, 2015).

Air sungai dan danau di negara skandinavia memiliki tingkat keasamaan tinggi hal ini di akibatkan oleh hujan asam yang terjadi di skandinavia, berbagai jenis ikan termasuk ikan salmon atlantik dan ikan *trous* coklat mati dan hilang. Hujan asam juga berpengaruh pada bangunan-bangunan yang berada di sebagian negara skandinavia yang terkena dampak hujan asam, air hujan yang mengandung asam melarutkan bahan-bahan beton dan juga lantai-lantai serta ukiran-ukiran batu alam. Endapan asam yang terus berlangsung dalam jangka waktu yang lama akan berdampak kerusakan yang lebih besar, dan lingkungan akan berubah secara signifikan (Pascal, 2015).

Hujan asam yang terjadi akibat polutan  $\text{NO}_2$  di udara juga berpengaruh terhadap kualitas tanah yang terkena hujan asam tanah mengandung sejumlah logam dan mineral yang melimpah. Ketika logam-logam ini bersentuhan dengan hujra asam. Reaks kimia yang berbahaya dapat terjadi. Reaksi-reaksi kimia dapat mengurangi kesuburan tanah, mengurangi jumlah mikroorganisme yang hidup di tanah, mikroorganisme di tanah penting untuk mengurangi tumbuhan dan makhluk lain yang mati dan membusuk (Fischer, 2002).

Pemanasan Global juga menjadi dampak dari salah satu polusi yang di akibatkan oleh konsentrasi  $\text{NO}_2$  di udara yang tinggi. Pemanasan global adalah peningkatan gas rumah kaca di atmosfer yang disebabkan oleh kegiatan umat manusia yang meningkatkan efek rumah kaca. Sebagai salah satu efek pemanasan global adalah timbulnya berbagai penyakit yang menyebar dengan cepat hal ini dikarenakan oleh suhu yang semakin meningkat sehingga membuat virus dan mikroorganisme berkembang dengan pesat (Latif, 2006)

Konsentrasi  $\text{NO}_x$  berperan hingga 8% dalam terjadinya pemanasan global, pemanasan global mengakibatkan temperatur bumi menjadi naik mengakibatkan permukaan laut akan naik hal ini dikarenakan oleh peleburan/pencairan gletser-gletser dan gunung-gunung es di daerah kutub. Kenaikan permukaan laut mempunyai dampak langsung pada garis pantai dan bahkan dapat membanjiri pulau-pulau kecil atau kawasan kota yang rata dengan pantai. Dapat juga mengakibatkan cuaca ekstrim yang akan memunculkan badai-badai lebih hebat, musim kering berkepanjangan, banjir, angin topan dan gejala cuaca lainnya yang

mempunyai dampak langsung pada kehidupan sosial dan ekonomi manusia (Hidayati, 2002).

#### **4.2.4 Rekayasa Pengendalian Lingkungan dari dampak NO<sub>2</sub>**

Untuk mengurangi dampak yang di timbulkan akibat dari gas Nitrogen Dioksida perlu di lakukan pengendalian seperti rekayasa teknik dan rekayasa lalu lintas terhadap sumber pencemar antara lain :

- Menurunkan laju emisi pencemar dari setiap kendaraan untuk setiap kilometer jalan yang di tempuh.
- Penurunan jumlah dan kerapatan total kendaraan di dalam suatu daerah tertentu dengan cara seperti melakukan rekayasa lalu lintas, pembatasan jalan, dan penetapan plat kendaraan ganjil genap pada daerah yang sering terjadi kemacetan.
- Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil/minyak Bumi, batubara dan gas pada aktifitas industri.
- Menambahkan vegetasi berupa pepohonan rindang atau penambahan ruang terbuka hijau khususnya di daerah perkotaan yang padat akan kendaraan.
- Memasang filter *scruber* pada cerobong untuk bisa menyaring polusi yang akan di lepaskan ke udara.
- Modifikasi kondisi pembakaran untuk menurunkan jumlah NO<sub>2</sub> yang dihasilkan dan menghilangkan NO<sub>2</sub> dengan pemanfaatan alat-alat perlengkapan dan aliran pembuangan gas.
- Tidak melakukan aktivitas pembakaran sampah sembarang serta mencegah pembukaan lahan untuk aktivitas perkebunan atau pertanian dengan cara pembakaran hutan secara bebas dan dalam skala yang besar. (Suprayitno, 2000)

#### **4.3 Perbandingan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan Baku Mutu**

Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, baku mutu Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan waktu pengukuran selama

1 (satu) jam adalah  $400 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  atau 0,212 ppm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran konsentrasi Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta tidak melebihi baku mutu, yaitu  $35,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pada tahun 2016, pada tahun 2017 sebesar  $29,9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , dan pada tahun 2018 sebesar  $27,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

#### 4.4 Volume Lalu Lintas di Kota Yogyakarta pada tahun 2016 sampai 2018

Pada penelitian ini, volume kendaraan di ambil dari data hasil pemantauan badan statistik Kota Yogyakarta yang berkerja sama dengan Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta. Data jumlah kendaraan bermotor berupa sepeda motor, mobil penumpang, mobil barang, dan bus/*microbus* di sajikan pada tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Jumlah kendaraan Kota Yogyakarta

No	Jenis Kendaraan	2016 (unit)	2017 (unit)	2018 (unit)
1	Mobil Penumpang (unit)	50.562	54.346	60.780
2	Bus/ <i>Microbus</i> (unit)	1.056	1.147	1.230
3	Mobil <i>truck</i> (unit)	10.266	10.623	11.226
No	Jenis Kendaraan	2016 (unit)	2017 (unit)	2018 (unit)
4	Sepeda Motor (unit)	303.403	309.373	341.986
Total		365.943	376.190	415.990

Sumber: Badan Pusat Statistika Provinsi Yogyakarta tahun 2016-2018

Berdasarkan tabel 4.3, jumlah kendaraan di Kota Yogyakarta mengalami peningkatan dari tahun 2016 hingga tahun 2018. Salah satu faktor bertambahnya jumlah kendaraan setiap tahunnya adalah kebutuhan dan mudahnya masyarakat dalam melakukan pembelian kendaraan bermotor, pada 2016 menurut surat edaran OJK No.47/SEOJK.05/2016 tentang besaran uang muka pembiayaan kendaraan

bermotor bagi perusahaan penyedia jasa kredit kendaraan bermotor dalam pengawasan OJK, besaran DP kredit sepeda motor dan mobil penumpang berkisar antara 5% hingga 25%, Pada 2018 Otoritas Jasa Keuangan (OJK) membuat peraturan baru yang tertuang dalam peraturan OJK Nomor 35/POJK.05/2018 masyarakat bisa melakukan kredit kendaraan bermotor tanpa uang muka hal tersebut tentu mempermudah masyarakat dalam mendapatkan kendaraan bermotor sehingga membuat jumlah kendaraan bermotor meningkat.

Perkembangan kendaraan bermotor yang dialami oleh Indonesia, serta perkembangan di salah satu perkotaan, seperti Daerah Istimewa Yogyakarta, tentunya menimbulkan masalah pada sistem transportasi, dan merupakan salah satu yang mempengaruhi udara sebagai *common*, sebagaimana yang di jelaskan oleh Hardian Z dalam tulisannya “*Tragedy of the commons*” dimana manusia sudah hanya memikirkan diri sendiri tanpa menyadari bahaya yang di timbulkan, ketika manusia hanya mementingkan kepentingan pribadinya di atas kepentingan umum (Sudrajad, 2006).

#### 4.4.1 Beban Emisi

Untuk mengetahui nilai dari emisi per kendaraan dilakukan perhitungan untuk mencari nilai beban emisi dari per kendaraan di gunakan rumus pada persamaan 1 sebagai berikut contoh perhitungan beban emisi dengan jenis kendaraan mobil pada tahun 2016 sebagai berikut:

$$E = 60828 \text{ (unit)} \times 266,22 \text{ (km)} \times 2,3 \text{ (g/tahun)} \times 10^{-6} = 37,2 \text{ (g/tahun)}$$

Untuk perhitungan lengkap beban emisi dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan Beban Emisi

No	Jenis Kendaraan	Faktor Emisi (FE)	Beban Emisi ( E ) (2016)	Beban Emisi ( E ) (2017)	Beban Emisi ( E ) (2018)
1	Mobil (Campur)	2,3	37,2	39,8	44,1
2	Bus/Microbus	11,9	3,345	3,634	3,897
3	Kendaraan Khusus/Truk	17,7	3,091	3,303	3,6

4	Sepeda Motor	0,29	23,4	23,9	26,4
---	--------------	------	------	------	------

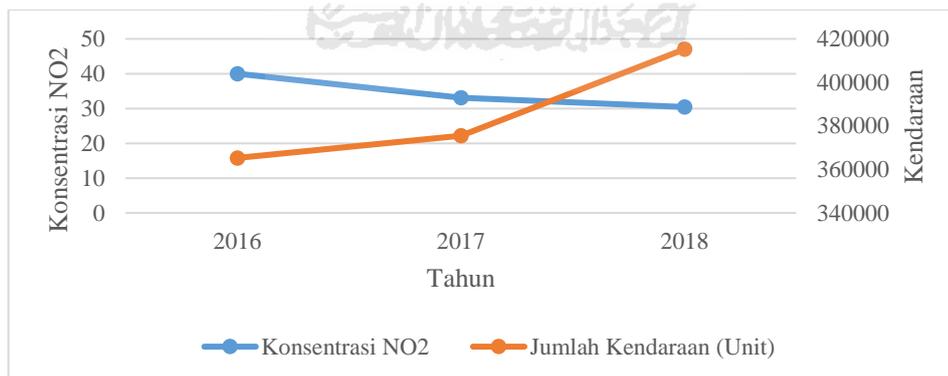
Sumber: Data Primer Perhitungan Beban Emisi kendaraan Kota Yogyakarta 2016-2018.

Berdasarkan tabel 4.4 di atas beban emisi untuk kendaraan akan terus meningkat dikarenakan oleh meningkatnya juga jumlah kendaraan pada setiap tahunnya di Kota Yogyakarta jika tidak dilakukan pengendalian terhadap kondisi kendaraan.

Pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar fosil dari kendaraan merupakan salah satu sumber emisi  $\text{NO}_x$  yang dominan, emisi ini tidak hanya bergantung pada jumlah nitrogen dalam bahan bakar tetapi juga pada campuran antara udara dengan bahan bakar. Temperatur yang tinggi dan kondisi  $\text{NO}$  yang mengalami oksidasi dengan oksigen di udara mendukung pembentukan  $\text{NO}_2$  (nicholson, 2000).

#### 4.5 Analisis Konsentrasi $\text{NO}_2$ Terhadap Volume Kendaraan

Seiring berkembangnya jaman dalam dunia otomotif serta minat pasar yang tinggi terhadap kendaraan, membuat volume kendaraan meningkat dan berdampak pada konsentrasi  $\text{NO}_2$  di udara. Berikut ini jumlah konsentrasi  $\text{NO}_2$  terhadap volume kendaraan ditampilkan dalam gambar 4.7:



Gambar 4.7 Konsentrasi  $\text{NO}_2$  Terhadap Volume Kendaraan

Berdasarkan gambar 4.7, grafik jumlah kendaraan Kota Yogyakarta mengalami peningkatan dari tahun 2016 hingga tahun 2018. Sebaliknya Konsentrasi  $\text{NO}_2$  mengalami penurunan.

Rata-rata kota konsentrasi NO<sub>2</sub> Yogyakarta seperti yang ditampilkan di dalam gambar 4.7 Konsentrasi NO<sub>2</sub> menurun dari tahun 2016 hingga 2017 sedangkan volume kendaraan dari 2016 hingga 2018 mengalami peningkatan menurut Jaya (2017) menyatakan bahwa peningkatan volume lalu lintas berbanding lurus dengan peningkatan nilai konsentrasi polutan NO<sub>2</sub>.

Faktor-faktor yang menyebabkan volume kendaraan di Kota Yogyakarta berbanding terbalik dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien di antaranya faktor kebijakan pemerintah dalam upaya mengatasi pencemaran udara setiap tahunnya salah satu upaya pemerintah Kota Yogyakarta adalah dengan melakukan uji emisi secara berkala dalam satu tahun menurut data dari Badan Lingkungan Hidup DIY di Kota Yogyakarta, pengukuran emisi sumber bergerak sepeda motor pada tahun 2016 sebesar 78% kendaraan yang lolos uji emisi dan di tahun 2017 sebesar 83% sedangkan untuk kendaraan dengan kategori mobil penumpang bahan bakar bensin yang lolos uji emisi pada tahun 2016 sebesar 94% dan pada tahun 2017 meningkat menjadi 96%, sedangkan untuk pengukuran emisi dengan kategori mobil solar pada tahun 2016 yang lolos uji emisi sebesar 53% dan di tahun 2017 sebesar 54%.

Tujuan dilakukan uji emisi adalah untuk mengetahui kadar gas buang agar tidak melebihi baku mutu emisi yang sudah ditetapkan. Menurut Hickman (2013) Emisi kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia, komposisi dari gas buang ini bergantung kepada kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendalian emisi bahan bakar, suhu operasi dan lain yang membuat pola emisi menjadi rumit (Hickman, 2013).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 20 tahun 2017 resmi menerapkan standar emisi Euro-4 bagi kendaraan bermotor. Hal ini juga menjadi pertimbangan mengapa konsentrasi NO<sub>2</sub> tahun 2016 hingga 2018 di Kota Yogyakarta berbanding terbalik dengan tingkat volume kendaraan tahun 2016 hingga 2018, penggunaan mesin dengan standar emisi Euro-4 dapat mengurangi ambang batas untuk partikulat dan nitrogen oksida dalam mesin. Beberapa mobil bermesin baru memperoleh filter partikel yang dapat menangkap 99% partikulat. Batas emisi Euro-4 (bensin) untuk konsentrasi NO<sub>x</sub> sebesar 0,08 g/km, sedangkan untuk Euro-4 (diesel) NO<sub>x</sub> sebesar 0,25 g/km. Sedangkan untuk

batas emisi Euro-3 (bensin) konsentrasi NO<sub>x</sub> sebesar 0,15g/km dan untuk mobil bermesin diesel sebesar 0,05 g/km.

Kepadatan lalu lintas identik dengan kemacetan. Pada jam sibuk, sebagian besar kendaraan terjebak dalam kondisi tidak jalan (*idling*) dimana emisi NO<sub>2</sub> yang dikeluarkan lebih banyak. Pemakaian bahan bakar yang tinggi akan menyebabkan pencemaran udara oleh NO<sub>2</sub> (Purwani, 2004). Sehingga rekayasa lalu lintas dilakukan agar tingkat kemacetan dapat di turunkan.

Pencemaran udara dari sumber bergerak sangat perlu untuk dikendalikan. Pemerintah Kota Yogyakarta telah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi emisi dari sumber bergerak, diantaranya dengan cara menerapkan regulasi tentang pengendalian pencemaran udara, pemantauan kualitas udara (emisi dan ambien), rekayasa lalu lintas, pembatasan penggunaan kendaraan, penyelenggaraan *Car Free Day*, pengembangan ruang terbuka hijau (RTH). Selain dari faktor transportasi (jumlah kendaraan) konsentrasi NO<sub>2</sub> juga dipengaruhi oleh faktor meteorologis seperti suhu, kelembaban, dan kecepatan angin (Fardiaz, 1992).

#### 4.6 Kondisi Meteorologis Kota Yogyakarta Tahun 2016 Hingga Tahun 2018

Data Meteorologis Kota Yogyakarta yang meliputi suhu, kelembaban, dan kecepatan angin di ambil dari data Badan Statistik Kota Yogyakarta tahun 2016, 2017, dan 2018 ditampilkan pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Meteorologis Kota Yogyakarta 2016-2018

No	Tahun	Suhu Rata-rata (°C)	Curah hujan (mm)	Kelembaban udara (%)	Tekanan udara (mb)	Kecepatan Angin (m/s)
1	2016	26,7	19,7	87,2	1014,0	6,7
2	2017	26,1	14,8	85,3	995,7	0,9
3	2018	26,0	12,1	84,0	995,9	1,0
Jumlah		78,8	46,6	256,5	3005,6	8,6
Rerata		26,3	15,5	85,5	1001,9	2,9

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta tahun 2017-2019

Menurut data yang di dapat dari Badan Pusat Statistik Kota Yogyakarta tahun 2016 hingga 2018 faktor meteorologis Kota Yogyakarta mengalami *fluktuasi*, data meteorologis yang di dapat seperti suhu, curah hujan, kelembaban, tekanan udara, dan kecepatan angin. Data yang ditampilkan pada tabel 4.5 merupakan data rata-rata tahunan meteorologis Kota Yogyakarta, pada tahun 2016 di dapat data suhu rata-rata sebesar 26,7°C, curah hujan 19,7 Mm, kelembaban udara 87,2%, tekanan udara 1014,0 mb dan kecepatan angin 6,7m/s. Pada tahun 2017 di dapat data suhu rata-rata sebesar 26,1°C, curah hujan 14,8 Mm, kelembaban udara 85,3%, tekanan udara 995,7 m/s, dan kecepatan angin 0,9 m/s. Di tahun 2018 data meteorologis tidak berbeda jauh dengan tahun 2017 yaitu suhu rata-rata 26°C, curah hujan 12,1 mm, kelembaban udara 84,0%, Tekanan udara 995,9 mb dan kecepatan angin 1 m/s. Penggunaan Satuan berdasarkan standar satuan SI (Standar Internasional) yang di gunakan untuk menentukan satuan diseluruh dunia. Sehingga dengan adanya satuan baku dapat mencegah perbedaan interpretasi nilai (Soesanto, 2014).

Faktor meteorologi dapat memberikan pengaruh terhadap konsentrasi pencemar NO<sub>2</sub> di udara ambien seperti pengenceran, dan lain-lain (Soesanto, 2014). Pengaruh meteorologi terhadap NO<sub>2</sub> di jelaskan sebagai berikut:

a) Temperatur

Suhu udara yang rendah menyebabkan densitas udara di dekat permukaan bumi hampir sama dengan densitas udara yang berada di atasnya, akibatnya aliran konveksi udara bergerak lambat sehingga konsentrasi NO<sub>2</sub> menjadi tinggi karena terakumulasi di permukaan (Syech, 2014)

b) Kelembaban

Kelembaban udara yang rendah mengakibatkan uap air yang dikandung udara jumlahnya sedikit, pada saat itu dispersi udara lambat karena uap air di udara akan memperlambat aliran udara baik secara *horizontal* maupun *vertical* sehingga konsentrasi NO<sub>2</sub> menjadi tinggi (Syech, 2014)

c) Kecepatan Angin

Kecepatan angin yang rendah berpotensi mengakibatkan pencemar tidak mudah menyebar sebaliknya kecepatan angin yang tinggi dapat mengakibatkan pencemar mudah untuk menyebar, sehingga dapat mempengaruhi kualitas udara. Korelasi negatif antara kecepatan angin dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> juga sesuai dengan penelitian (Agudelo, 2014) dan (Jones, 2010). Semakin cepat kecepatan angin pada suatu daerah, maka percampuran polutan dari sumber emisi akan semakin besar, hal ini dapat terjadi karena turbulensi udara kuat yang mengakibatkan terjadinya pengenceran sehingga polutan di daerah tersebut akan semakin berkurang. Selain itu, pada kondisi meteorologi baik (atmosfer tidak stabil dan kecepatan angin tinggi) polutan dapat didispersikan dengan cepat, baik secara vertikal maupun horizontal yang menyebabkan terjadinya pengenceran konsentrasi polutan dan penyebaran lebih lanjut (Seinfeld, 2015).

d) Curah Hujan

Curah hujan secara langsung memberikan efek pencucian terhadap konsentrasi NO<sub>2</sub> di udara ambien sehingga menurunkan konsentrasi polutan, tetapi curah hujan juga memberikan efek tidak langsung saat hujan lebat pandangan pengemudi berkurang, menyebabkan kendaraan berjalan lambat dan berakibat konsentrasi polutan semakin tinggi (Kwak, 2017).

#### **4.6.1 Faktor meteorologis terhadap rata-rata NO<sub>2</sub> di Kota Yogyakarta tahun 2016-2018**

Pada ini faktor meteorologis tidak dapat dikorelasikan dan di bandingkan dengan Konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta hal ini dikarenakan tidak ada ketepatan/kesamaan waktu antara pengambilan data Konsentrasi dengan pengambilan data meteorologis sehingga bisa saja ketika hari pengambilan data konsentrasi kondisi meteorologi berbeda dengan ketika saat pengambilan data meteorologi. Disini peneliti hanya akan memaparkan beberapa hasil korelasi faktor meteorologi terhadap konsentrasi NO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya.

#### **4.6.2 Korelasi suhu dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta**

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan kelembaban udara relatif, sehingga dapat menyebabkan efek korosif, Meningkatnya suhu akan menyebabkan kecepatan reaksi suatu bahan kimia meningkat, suhu udara dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar udara. Suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi rendah (Rahmatika, 2017). Pada penelitian yang dilakukan oleh Noviani (2013) menunjukkan bahwa suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi pencemar, konsentrasi NO<sub>2</sub> akan semakin rendah apabila suhu udara semakin tinggi.

Dari 2 penelitian di atas dapat dikatakan bahwa jika suhu udara meningkat maka konsentrasi NO<sub>2</sub> akan menurun hal ini disebabkan oleh molekul udara yang menjadi merenggang saat udara mengembang, perlahan-lahan naik dan menghilangkan udara yang tercemar dan meningkatkan kualitas udara. Suhu yang meningkat akibat sinar matahari membuat molekul udara lebih renggang, sehingga polutan bisa lepas ke atmosfer. Pada suhu udara yang tinggi memuat densitas udara di permukaan bumi menjadi lebih rendah dari pada udara di atasnya sehingga menyebabkan terjadinya aliran konveksi ke atas yang membawa berbagai polutan sehingga menyebabkan konsentrasi polutan menjadi lebih rendah.

#### **4.6.3 Korelasi kecepatan angin dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta**

Faktor kecepatan angin memiliki korelasi yang sama dengan korelasi antara suhu dengan konsentrasi di mana bahwa kecepatan angin berbanding terbalik dengan konsentrasi pencemar NO<sub>2</sub> yang artinya konsentrasi pencemar akan semakin kecil ketika semakin besar kecepatan angin yang berhembus karena konsentrasi pencemar NO<sub>2</sub> akan terdispersi ke segala arah (Noviani, 2013).

Angin merupakan pergerakan udara yang diakibatkan oleh adanya tekanan udara yang bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Ketika kecepatan angin tinggi dan suhu stabil, maka penyebaran polutan lebih cepat terjadi dan konsentrasi polutan tidak menumpuk di sekitar sumber emisi suatu tempat.

#### **4.6.4 Korelasi kelembaban dengan konsentrasi NO<sub>2</sub> Kota Yogyakarta**

Menurut penelitian yang dilakukan oleh anthika (2010) menunjukkan bahwa ketika kelembaban udara rendah konsentrasi NO<sub>2</sub> juga rendah sebaliknya jika kelembaban udara tinggi konsentrasi NO<sub>2</sub> juga tinggi, kelembaban udara yang rendah berarti lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air sehingga konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> menjadi rendah. Kelembaban udara yang tinggi menyebabkan dispersi udara menjadi lambat karena banyaknya uap air di udara akan memperlambat aliran udara baik secara horizontal maupun vertikal sehingga konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> menjadi tinggi.

#### 4.7 Analisis konsentrasi NO<sub>2</sub> terhadap jumlah penduduk

Jumlah penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2016 hingga tahun 2018 di ambil dari data jumlah penduduk yang di dapat dari data Badan Statistik Kota Yogyakarta tahun 2016, 2017, dan 2018. Jumlah penduduk Kota Yogyakarta akan di sajikan dalam tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Jumlah penduduk Kota Yogyakarta

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa)	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

Sumber: badan pusat statistik Kota Yogyakarta tahun 2016, 2017, dan 2018

Berdasarkan tabel 4.6 di dapat data jumlah penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2016 sebesar 417.744 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 12.854 jiwa/km<sup>2</sup> dengan rincian jumlah laki-laki sebesar 203.845 jiwa dan perempuan sebesar 213.899 jiwa. Sedangkan untuk tahun 2017 jumlah penduduk mengalami peningkatan sebesar 4.988 jiwa dengan jumlah total penduduk tahun 2017 sebesar 422.732 jiwa kepadatan penduduk sebesar 13.007 jiwa/km<sup>2</sup> dengan rincian jumlah laki-laki sebesar 206.421 jiwa jumlah perempuan sebesar 216.311 jiwa. Peningkatan jumlah penduduk kembali terjadi pada tahun 2018 sebesar 4.766 jiwa pertumbuhan penduduk pada tahun 2018 mengalami penurunan jika di bandingkan

dengan peningkatan pada tahun 2017, jumlah total penduduk Kota Yogyakarta pada tahun 2018 sebesar 427.498 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 13.154 jiwa/km<sup>2</sup> dengan rincian jumlah laki-laki sebesar 208.792 jiwa dan perempuan 218.706 jiwa.

Perkembangan dan penambahan penduduk yang semakin pesat mengakibatkan munculnya program-program pembangunan di segala bidang. Hasil pelaksanaan dari program-program pembangunan tersebut yaitu munculnya kawasan-kawasan industri, baik dari skala kecil, menengah, hingga dalam skala yang besar. Perkembangan industri yang semakin pesat apabila tidak diimbangi dengan sistem penanganan emisi limbah yang baik maka dapat berpotensi menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Gas-gas polutan tersebut umumnya dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dan penguapan bahan kimia produk kegiatan industri serta dari aktivitas manusia itu sendiri (Masykuri, 2011).

Menurut pernyataan Masykuri (2011) Konsentrasi Polutan akan meningkat seiring pertambahan jumlah penduduk di suatu daerah. Pada penelitian akan di sajikan grafik hubungan antara Konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan jumlah penduduk di Kota Yogyakarta pada tahun 2016 hingga 2018 dengan gambar 4.8 sebagai berikut:

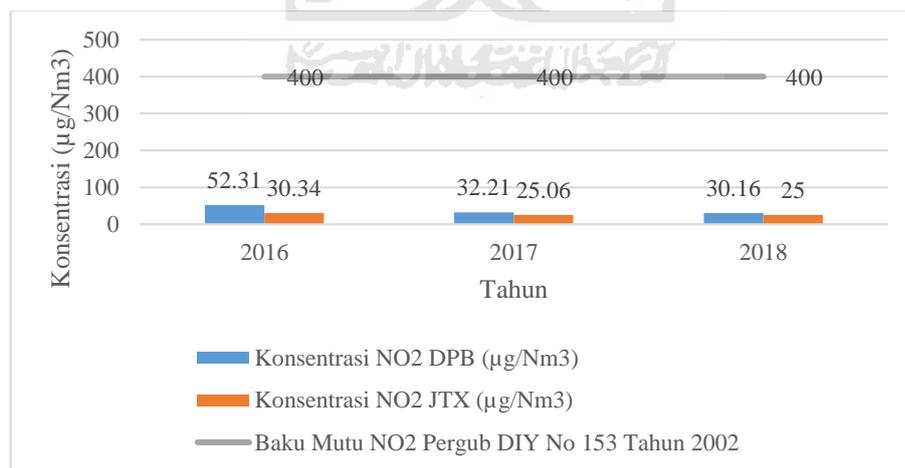


Gambar 4.8 Hubungan jumlah penduduk dengan konsentrasi rata-rata Kota Yogyakarta

Berdasarkan Gambar 4.8 jumlah penduduk berbanding terbalik dengan Konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> di Kota Yogyakarta dimana ketika jumlah penduduk mengalami peningkatan Konsentrasi NO<sub>2</sub> turun hal ini dikarenakan pola aktivitas manusia di setiap daerah berbeda dan juga tingkat penduduk yang tidak menetap menjadi salah satu faktornya (Mudjijono, 2011).

#### 4.7.1 Tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> pada lokasi komersial wisata dengan lokasi industri Kota Yogyakarta

Pada penelitian ini terdapat titik pengamatan yang berada di lokasi titik dengan kategori komersial dan kawasan industri, sehingga peneliti akan melakukan perbandingan konsentrasi antara lokasi industri dengan daerah komersial. Daerah komersial wisata disini menggunakan data titik pengamatan yang berada di depan pasar Brinjarjo Jalan Malioboro Kota Yogyakarta, Jalan Malioboro merupakan pusat *icon* dari Kota Yogyakarta banyak wisatawan dari berbagai daerah dan negara berkunjung ke Malioboro untuk berlibur (Aditya, 2018). Sedangkan untuk daerah kawasan industri di gunakan data hasil pengamatan di PT. Jogjatex (industri tekstil) menurut info yang di dapat PT. Jogjatex merupakan suatu industri lokal yang bergerak di bidang industri tekstil.



Gambar 4.9 Perbandingan konsentrasi NO<sub>2</sub> daerah komersial dan industri

Pada grafik Gambar 4.9 tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> di kawasan komersial lebih tinggi di bandingkan kawasan industri, Menurut BPLH DKI Jakarta 2013 di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara

mencapai 60-70%, sementara kontribusi gas buang dari industri hanya berkisar 10-15% dan sisanya berasal dari sumber pembakaran lain. Hal ini berbanding lurus dengan perbandingan antara kawasan industri dan kawasan komersial wisata yang ada di Kota Yogyakarta, pada kawasan Pasar Brinjarjo sendiri hampir setiap hari di padati oleh banyak wisatawan dan banyaknya kendaraan yang melintas Jalan Malioboro sehingga sering terjadi kemacetan (Aditya, 2018) pada tahun 2016 data Konsentrasi NO<sub>2</sub> di depan Pasar Brinjarjo menjadi Konsentrasi NO<sub>2</sub> tertinggi di Kota Yogyakarta berdasarkan pengamatan Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta, menurut Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta 2016 masih banyaknya kendaraan yang Parkir secara liar di kawasan Malioboro sehingga menjadi faktor utama kemacetan. Emisi yang di keluarkan suatu kendaraan akan semakin besar ketika terjadinya penumpukan kendaraan atau kemacetan yang terjadi.

#### **4.8 Hasil Kuesioner Responden**

##### **4.8.1 Waktu Pajanan ( $t_E$ )**

Waktu pajanan diperoleh dengan perhitungan lamanya pedagang dalam bekerja. Responden di 9 titik penelitian bekerja selama 7-8 jam perhari tanpa adanya pergantian selama 6 hari. Sehingga responden terpapar pajanan nitrogen dioksida selama 7-8 jam/hari.

##### **4.8.2 Frekuensi Pajanan ( $f_E$ )**

Frekuensi pajanan digunakan untuk menentukan berapa hari dalam setahun responden terpapar nitrogen dioksida. Dengan waktu bekerja responden adalah 6 hari dalam 1 minggu dalam jangka waktu satu tahun (365 hari) maka diperoleh frekuensi pajanan nitrogen dioksida sebesar 312 hari.

##### **4.8.3 Durasi Pajanan ( $D_t$ )**

Durasi pajanan responden yang diterima sejumlah titik penelitian digunakan untuk menghitung pajanan *realtime* digunakan data dalam tabel dengan rata-rata 17 jam, sedangkan untuk waktu pajanan *lifetime* maka yang digunakan ialah 30 tahun untuk nilai default residensial menurut US-EPA. Data ini merupakan lama kerja responden di sejumlah titik pada bulan September 2020.

#### 4.8.4 Analisis Pemajanan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>)

Analisis pajanan digunakan untuk mengukur jumlah pajanan NO<sub>2</sub> ke dalam tubuh responden dengan menggunakan persamaan 2:

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

Keterangan:

*I*: asupan/*intake* (mg/kg/hari)

*C*: konsentrasi risk agent, mg/m<sup>3</sup> untuk medium udara, mg/l untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan

*R*: laju (rate) asupan (m<sup>3</sup>/jam)

*t<sub>E</sub>*: waktu pajanan/bekerja dalam sehari (jam/hari)

*f<sub>E</sub>*: frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun)

*D<sub>t</sub>*: durasi pajanan, tahun (*real time* atau proteksi, 30 tahun untuk nilai *default* residensial)

*W<sub>b</sub>*: berat badan (kg)

*t<sub>avg</sub>*: periode waktu rata-rata, (*D<sub>t</sub>* x 365 hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Perhitungan *intake* pajanan nonkanker dilakukan untuk memperhitungkan efek nonkanker yang dapat terjadi pada para pekerja dalam 2 waktu pajanan yang berbeda yaitu *realtime* dan *lifetime*. Pada waktu *realtime* digunakan angka *realtime* yaitu lama mereka sudah bekerja ditempat tersebut, sementara pada pajanan *lifetime* non karsinogenik yakni 30 tahun sesuai dengan EPA. Penelitian dilakukan dalam 9 titik lokasi. Contoh untuk perhitungan responden di perempatan Mirota Kampus dengan responden MK1 sebagai berikut :

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

Diketahui:

$$C = 0,029 \text{ mg/m}^3$$

$$W_b = 85 \text{ kg}$$

$$R = 0.83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$t_{\text{avg}} = 30 \times 365 \text{ hari/tahun}$$

$$t_e = 12 \text{ jam}$$

$$Dt = \text{a. } 33 \text{ tahun (lama kerja } \textit{realtime} \text{ A1)}$$

$$f_e = 312 \text{ hari/tahun}$$

$$\text{b. } 30 \text{ tahun (lama kerja } \textit{Lifetime})$$

$I_{\text{realtime}}$  (nk)

$$\begin{aligned} &= \frac{0.029 \text{ mg/m}^3 \times 0.83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam/hari} \times 312 \text{ hari/tahun} \times 33 \text{ tahun}}{85 \text{ kg} \times 33 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}} \\ &= 0,0032 \text{ mg/m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$I_{\text{lifetime}}$  (nk)

$$= \frac{0.029 \text{ mg/m}^3 \times 0.83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam/hari} \times 312 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{85 \text{ kg} \times 33 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}} = 0,0029 \text{ mg/m}^3/\text{hari}$$

#### 4.8.5 Karakteristik Risiko (*Risk Quotient*)

RQ dihitung sebelum menentukan manajemen risiko karena RQ menyatakan risiko potensial yang terjadi. Jika  $RQ > 1$  maka kemungkinan risiko terjadi. Nilai RfC untuk  $\text{NO}_2$  telah ditetapkan oleh US-EPA sebesar 0,02 mg/kg/hari

Karakteristik risiko untuk efek nonkanker dapat diketahui dengan menggunakan

persamaan 3 :

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Keterangan:

Ink = *Intake* Non karsinogenik (mg/kg/hari)

Rfc = *Reference Concentration* (mg/kg/hari)

Sebagai contoh perhitungan RQ pada responden MK1 di perempatan Mirota Kampus, sebagai berikut :

Diketahui:

$I_{nk \text{ realtime}} = 0,0032 \text{ mg/kg/hari}$

Ink *Lifetime* = 0,0029 mg/kg/hari

RfC = 0,02 mg/kg/hari

$$RQ \text{ realtime (nk)} = \frac{0.0032 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}}{0.02 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}} = 0,16$$

$$RQ \text{ Lifetime (nk)} = \frac{0.029 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}}{0.02 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}} = 0,14$$

Berdasarkan hasil responden MK1 memiliki nilai RQ selama pajanan *realtime* dan *lifetime* secara berturut sebesar 0,16 ; 0,14. Ini menunjukkan bahwa pajanan *realtime* dan *lifetime* beresiko rendah karena nilai RQ < 1.

Penelitian dilakukan dalam 9 titik lokasi, disajikan dalam tabel berikut ini:



Tabel 4.7 Hasil perhitungan dan analisis risiko kesehatan lingkungan terhadap pedagang di Kota Yogyakarta

<b>Responden</b>	<b><math>C_{NO_2}</math> (<math>mg/m^3</math>)</b>	<b><math>t_E</math> (jam/hari)</b>	<b><math>f_E</math> (hari/tahun)</b>	<b>Dt (tahun)</b>	<b>Umur (Tahun)</b>	<b><math>W_b</math> (kg)</b>	<b>R</b>	<b>Intake Realttime (<math>mg/kg/hari</math>)</b>	<b>Intake lifetime (<math>mg/kg/hari</math>)</b>	<b><math>RQ</math> Realttime</b>	<b><math>RQ</math> Lifetime</b>	<b>Tingkat Resiko</b>
PMK1	0,0289	12	312	33	52	85	0,83	0,0032	0,0029	0,16	0,14	TB
PMK2	0,0289	8	312	15	52	74	0,83	0,0011	0,0030	0,06	0,15	TB
PMK3	0,0289	12	312	12	48	58	0,83	0,0017	0,0057	0,08	0,28	TB
PMK4	0,0289	12	312	10	35	52	0,83	0,0016	0,0063	0,08	0,32	TB
PMK5	0,0289	12	312	5	30	62	0,83	0,0007	0,0053	0,03	0,26	TB
PMK6	0,0289	8	312	17	62	68	0,83	0,0014	0,0032	0,07	0,16	TB
PMK7	0,0289	9	312	7	53	74	0,83	0,0006	0,0033	0,03	0,17	TB
PMK8	0,0289	8	312	5	29	65	0,83	0,0004	0,0034	0,02	0,17	TB
PMK9	0,0289	7	312	25	57	68	0,83	0,0018	0,0028	0,09	0,14	TB
DHT1	0,0354	8	312	4	30	70	0,83	0,0004	0,0038	0,02	0,19	TB
DHT2	0,0354	6	312	28	60	50	0,83	0,0028	0,0040	0,14	0,20	TB
DHT3	0,0354	6	312	15	57	75	0,83	0,0010	0,0027	0,05	0,13	TB
PKU1	0,0426	12	312	8	46	50	0,83	0,0019	0,0097	0,10	0,48	TB
PKU2	0,0426	10	312	10	38	56	0,83	0,0018	0,0072	0,09	0,36	TB
PKU3	0,0426	5	208	16	47	65	0,83	0,0008	0,0021	0,04	0,10	TB
PKU3	0,0426	10	312	15	56	50	0,83	0,0030	0,0081	0,15	0,40	TB

<b>Responden</b>	<b>C NO<sub>2</sub> (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>t<sub>E</sub> (jam/hari)</b>	<b>f<sub>E</sub> (hari/tahun)</b>	<b>Dt (tahun)</b>	<b>Umur (Tahun)</b>	<b>W<sub>b</sub> (kg)</b>	<b>R</b>	<b>Intake Realtime (mg/kg/hari)</b>	<b>Intake lifetime (mg/kg/hari)</b>	<b>RQ Realtime</b>	<b>RQ Lifetime</b>	<b>Tingkat Resiko</b>
DPB1	0,0303	9	312	17	45	45	0,83	0,0024	0,0057	0,12	0,29	TB
DPB2	0,0303	7	321	10	48	68	0,83	0,0008	0,0030	0,04	0,15	TB
DPB3	0,0303	12	312	16	43	70	0,83	0,0020	0,0049	0,10	0,25	TB
DPB4	0,0303	6	312	11	52	47	0,83	0,0010	0,0037	0,05	0,18	TB
DPB5	0,0303	6	312	20	65	60	0,83	0,0014	0,0029	0,07	0,14	TB
DPB6	0,0303	9	312	17	44	68	0,83	0,0016	0,0038	0,08	0,19	TB
DPB7	0,0303	10	312	35	57	70	0,83	0,0036	0,0041	0,18	0,20	TB
DPB8	0,0303	9	312	17	40	67	0,83	0,0016	0,0039	0,08	0,19	TB
DPB9	0,0303	7	312	15	45	63	0,83	0,0012	0,0032	0,06	0,16	TB
DPB10	0,0303	15	312	20	52	46	0,83	0,0047	0,0093	0,23	0,47	TB
DPB11	0,0303	10	312	12	48	68	0,83	0,0013	0,0042	0,06	0,21	TB
DPB12	0,0303	10	312	14	56	46	0,83	0,0022	0,0062	0,11	0,31	TB
DPB14	0,0303	10	312	20	54	68	0,83	0,0021	0,0042	0,11	0,21	TB
DPS1	0,0302	7	312	10	53	70	0,83	0,0007	0,0029	0,04	0,14	TB
SKB1	0,0234	7	312	23	55	60	0,83	0,0015	0,0026	0,07	0,13	TB
DKJ1	0,0220	6	312	21	57	44	0,83	0,0015	0,0028	0,07	0,14	TB
DHM1	0,0361	10	312	15	44	70	0,83	0,0018	0,0049	0,09	0,24	TB
JTX1	0,025	6	312	30	65	55	0,83	0,0019	0,0026	0,1	0,13	TB

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi pajanan NO<sub>2</sub> di perempatan Mirota Kampus sebesar 0,02889 mg/m<sup>3</sup>, untuk di depan Hotel Tentrem sebesar 0,0354 mg/m<sup>3</sup>, di depan RS. PKU Muhammadiyah sebesar 0,04263 mg/m<sup>3</sup>, di depan Pasar Bringharjo sebesar 0,03031 mg/m<sup>3</sup>, di depan Hotel Saphir sebesar 0,03016 mg/m<sup>3</sup>, di Jl. Sabirin Kota Baru sebesar 0,02337 mg/m<sup>3</sup>, di depan Kantor Kecamatan Jetis sebesar 0,02204 mg/m<sup>3</sup>, di depan Hotel Matahari sebesar 0,03614 mg/m<sup>3</sup> dan di depan PT. Jogjatex sebesar 0,026 mg/m<sup>3</sup>. Waktu pajanan *realtime* responden berbeda-beda sekitar 6-15 jam/hari dan frekuensi pajanan responden dalam satu tahun adalah 312 hari/tahun untuk durasi pajanan selama 30 tahun.

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui nilai *intake* non karsinogenik *realtime* dan *lifetime* di lokasi penelitian secara berturut sebagai berikut: perempatan Mirota kampus dengan rata-rata 0,0014 mg/kg/hari ; 0,004 mg/kg/hari, di Depan Hotel Tentrem dengan rata-rata 0,0014 mg/kg/hari ; 0,0035 mg/kg/hari, di depan RS PKU Muhammadiyah rata-rata sebesar 0,0019 mg/kg/hari ; 0,0068 mg/kg/hari, di Pasar Bringharjo dengan rata-rata sebesar 0,0020 mg/kg/hari ; 0,0046 mg/kg/hari, di depan Hotel Saphir sebesar 0,007 mg/kg/hari ; 0,0029 mg/kg/hari, di Jl. Sabirin Kota Baru sebesar 0,0015 mg/kg/hari ; 0,0026 mg/kg/hari, di depan Kantor Kecamatan Jetis sebesar 0,0015 mg/kg/hari ; 0,0028 mg/kg/hari, di depan Hotel Matahari sebesar 0,0018 mg/kg/hari ; 0,0049 mg/kg/hari, dan di depan PT. Jogjatex sebesar 0,0019 mg/kg/hari ; 0,0026 mg/kg/hari. Berdasarkan perhitungan tersebut, faktor yang sangat berpengaruh terhadap *intake* adalah waktu pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan

Tabel 4.8 Persentase nilai *risk quotient* pajanan NO<sub>2</sub> di Kota Yogyakarta.

	Risk Quotient	Jumlah		Total
		Orang	Persentase (%)	
RQ REALTIME	RQ ≤ 1	35	100%	35
	RQ ≥ 1	0	0	
RQ LIFETIME	RQ ≤ 1	35	100,0	35
	RQ ≥ 1	0	0,0	

Berdasarkan hasil perhitungan nilai RQ yang didapatkan terhadap responden pada *realtime* dan *lifetime* menunjukkan hasil  $RQ \leq 1$ , hal ini berarti pajanan NO<sub>2</sub> terhadap responden tidak berbahaya. Namun tetap perlu dilakukan pemantauan dan pengendalian terhadap konsentrasi pajanan 9 titik tersebut.

#### 4.8.6 Status Merokok Responden

Responden dalam penelitian ini ada beberapa yang memiliki gaya hidup dengan merokok. Berikut ini adalah status responden di seluruh titik penelitian:

Tabel 4.8 Status Merokok Responden

Kebiasaan	Jumlah	Persentase (%)
Merokok	19	54,3
Tidak Merokok	16	45,7
Tidak Memakai Masker Sebelum Pandemi	35	100,0

Sumber: Data Primer, 2020

Kebiasaan merokok responden dapat mempengaruhi lingkungan sekitar karena merokok dapat menghasilkan asap yang mengandung gas nitrogen dioksida dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna dari pembakaran rokok. Berdasarkan kuesioner sebanyak 19 responden (54,3%) keseluruhan pria memiliki gaya hidup merokok, sedangkan 16 responden (45,7%) tidak merokok. Serta untuk mengurangi paparan nitrogen dioksida, semua pedagang menggunakan masker.

#### 4.8.7 Keluhan Kesehatan

Berdasarkan hasil dari kuesioner kepada responden didapatkan keluhan penyakit yang dirasakan oleh responden sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Keluhan Kesehatan Terhadap NO<sub>2</sub> Oleh Responden

Keluhan	Jumlah Responden	Persentase (%)
Sesak nafas	7	20,0
Mudah merasa lelah	13	37,1
Nyeri dan sesak pada bagian dada	6	17,1
Batuk di sertai dahak	4	11,4
Sulit untuk bernafas hingga mengakibatkan mengi	3	9
Pusing kepala	5	14,3
Batuk Ringan hingga berat	10	28,6
Pernapasan tidak teratur dan cenderung cepat	3	8,6
Menimbulkan bunyi saat bernapas	4	11,4

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan hasil kuesioner dengan total 35 responden didapatkan keluhan mudah merasa lelah sebanyak 13 responden, batuk ringan hingga berat dengan 10 responden, sesak nafas sebanyak 7 responden, nyeri dan sesak di bagian dada 6 responden, pusing kepala 5 responden dan keluhan menimbulkan bunyi saat bernafas sebanyak 4 responden. Menurut hasil pemantauan di lapangan oleh peneliti tidak ada pedagang yang mengalami keluhan/gejala penyakit yang parah dan sulit untuk di sembuhkan. Pedagang yang mengalami gejala di atas berpendapat bahwa gejala yang mereka rasakan masih cepat untuk di sembuhkan dengan beristirahat dan meminum obat.

#### 4.8.8 Manajemen Risiko

Dari hasil perhitungan RQ, Pedagang di 9 titik lokasi pemantauan tidak memiliki risiko. Manajemen risiko harus dilakukan ketika nilai  $RQ > 1$  tetapi untuk  $RQ < 1$  manajemen risiko dapat dilakukan untuk mengetahui batas aman nilai *intake*. Manajemen risiko perlu dilakukan dengan cara memanipulasi nilai *intake* agar nilainya sama dengan RfC. Cara lain untuk manajemen risiko dalam bahaya yang di timbulkan bagi lingkungan antara lain dengan cara mengontrol bahaya. Mengontrol bahaya bisa dilakukan dalam 3 tahap yaitu kontrol pada sumber, kontrol pada lingkungan dan kontrol pada target atau manusia (Yassi, *et al*,2001)

#### 4.8.9 Pembahasan

Pada penelitian ini peneliti memilih pedagang di 9 titik lokasi pemantauan Kota Yogyakarta sebagai subjek penelitian Analisis Risiko Lingkungan akibat paparan emisi gas NO<sub>2</sub> dengan menggunakan konsentrasi NO<sub>2</sub> pada tahun 2018. Metode pengambilan data dilakukan melalui wawancara langsung terhadap pedagang dengan kuesioner yang telah dibuat. Didapatkan hasil Waktu pajanan diperoleh dengan perhitungan lamanya pedagang dalam bekerja. Responden di 9 titik penelitian bekerja selama 7-8 jam perhari tanpa adanya pergantian selama 6 hari. Sehingga responden terpapar pajanan nitrogen dioksida selama 7-8 jam/hari.

Perhitungan *intake* pajanan nonkanker dilakukan untuk memperhitungkan efek nonkanker yang dapat terjadi pada para pekerja dalam 2 waktu pajanan yang berbeda yaitu *realtime* dan *lifetime*. Pada waktu *realtime* digunakan angka *realtime* yaitu lama mereka sudah bekerja ditempat tersebut, sementara pada pajanan *lifetime* non karsinogenik yakni 30 tahun sesuai dengan EPA. Penelitian dilakukan dalam 9 titik lokasi. Contoh untuk perhitungan responden di perempatan Mirota Kampus dengan responden MK1 didapatkan hasil nilai *intake* sebesar 0,0029mg/m<sup>3</sup>/hari dan untuk nilai *intake* lokasi lainnya dapat dilihat dalam tabel 4.7 untuk nilai RQ di 9 titik lokasi pemantauan didapatkan nilai RQ < 1 sehingga di semua lokasi pemantauan masih dalam batas aman atau tidak berbahaya. Namun tetap perlu dilakukannya pengendalian dan pemantauan secara berkala agar RQ < 1.

Penelitian yang dilakukan oleh Zarins (2014) terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistem saraf, tikus yang dipajankan hingga 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah melewati 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4-6 menit. Tetapi jika pajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit semua tikus yang diujikan akan mengalami kematian. NO<sub>2</sub> bersifat racun terutama terhadap paru-paru. Kadar NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi lebih dari 100ppm dapat menyebabkan kematian terhadap hewan yang terpapar dan setelah dilakukan pengecekan terhadap hewan yang diujikan 90% dari kematian tersebut (*Edema Pulmonari*). Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 800 ppm akan

mengakibatkan 100% kematian kepada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang (Mayer, 2015).

Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen dioksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas  $\text{NO}_2$  pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daunnya. Pada konsentrasi yang lebih tinggi gas tersebut dapat menyebabkan *nekrosis* atau kerusakan pada jaringan daun. Dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi secara sempurna sebagai tempat terbentuknya karbohidrat melalui proses fotosintesis. Sehingga tanaman tidak dapat memproduksi seperti yang di harapkan. Konsentrasi  $\text{NO}$  sebanyak 10 ppm sudah dapat menurunkan kemampuan fotosintesis daun sampai sekitar 60% hingga 70% (Mayer, 2015).

$\text{NO}_2$  terdiri dari dua macam, antara lain gas Nitrogen Dioksida.  $\text{NO}_2$  yang dilepaskan ke udara diproduksi oleh aktivitas bakteri dan aktivitas manusia.  $\text{NO}_2$  disini memiliki andil sebagai penyumbang sifat hujan asam, dimana dari hujan ini dapat mengakibatkan pelapukan bebatuan dan pengkaratan logam (Mayer, 2015).

Hujan asam merupakan indikator untuk mengetahui kondisi pencemaran udara. Pada udara atmosfer, presipitasi basah dari polutan di udara dapat larut dalam awan dan jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju, dan kabut. Polutan  $\text{NO}_2$  dalam butir-butir air hujan akan membentuk asam sulfat dan asam nitrat dapat menjadikan pH air hujan kurang dari 5,60. Lebih dari 90% emisi  $\text{NO}_2$  berasal dari kegiatan manusia. Senyawa sulfat dan nitrat itu akan berpindah dari atmosfer ke permukaan bumi melalui presipitasi dan deposisi secara langsung yang dikenal dengan istilah deposisi basah dan deposisi kering. Akibat adanya pencemaran udara yang tinggi, daerah-daerah yang padat industri ataupun kendaraan bermotor terutama Kota besar di Indonesia telah mengalami hujan asam. Endapan asam yang dihasilkan menyebabkan kerusakan lingkungan yang serius terhadap ekosistem air, tanah, serta bangunan, dan gedung-gedung (Smith, 2015).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

1. Jumlah kendaraan mengalami peningkatan dari tahun 2016-2018 yaitu sebesar 365.943 unit pada tahun 2016, sebesar 376.190 unit pada tahun 2017, dan 415.990 pada tahun 2018, dengan persentase kenaikan dari tahun 2016 hingga 2018 sebesar 13% (unit kendaraan) sedangkan untuk konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> di Kota Yogyakarta mengalami penurunan, di tahun 2016 konsentrasi rata-rata NO<sub>2</sub> di kota yogyakarta sebesar 40 (µg/Nm<sup>3</sup>) pada tahun 2017 sebesar 33,13 (µg/Nm<sup>3</sup>) dan tahun 2018 sebesar 30,4 (µg/Nm<sup>3</sup>).
2. Terdapat perbedaan tingkat konsentrasi NO<sub>2</sub> pada kawasan komersial wisata dengan kawasan industri di Kota Yogyakarta. Untuk kawasan komersial wisata di ambil titik pemantauan depan pasar Bringharjo Kota Yogyakarta dan untuk kawasan industri di ambil titik pengamatan PT. Jogjatex yang merupakan industri di bidang tekstil setelah di lakukan perbandingan di dapatkan hasil Konsentrasi NO<sub>2</sub> pada kawasan komersial wisata lebih tinggi di bandingkan dengan kawasan industri.
3. Nilai *intake relatime* dan *lifetime* untuk pedagang di 9 titik pemantauan Kota Yogyakarta masih dalam batas aman dan untuk nilai RQ pedagang di 9 titik masih tergolong aman yaitu RQ < 1 baik untuk RQ *realtime* dan *lifetime*, sehingga tidak ada risiko yang di timbulkan akibat paparan NO<sub>2</sub> di semua titik lokasi pemantauan.

## 5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

### 1. Bagi Badan Lingkungan hidup Kota Yogyakarta dan Dinas Lingkungan hidup Provinsi Yogyakarta

- a) Untuk dapat menampilkan atau memasukan data lengkap pemantauan konsentrasi suatu pajanan. Data yang di maksud seperti koordinat titik pemantauan, tanggal dan hari, faktor meteorologis seperti arah angin, curah hujan, kelembaban, intensitas cahaya, dan suhu, sehingga memudahkan banyak peneliti untuk melakukan penelitian di Kota Yogyakarta.
- b) Melakukan pemantauan dan analisa terhadap konsentrasi pajanan-pajanan lainnya.
- c) Melakukan pemeriksaan secara berkala terhadap kadar konsentrasi  $\text{NO}_2$  di Kota Yogyakarta dan juga bisa menambah jumlah titik pemantauan.

### 2. Bagi Mahasiswa atau Peneliti Lainnya

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan pemantauan secara langsung terkait pajanan  $\text{NO}_2$  di Kota Yogyakarta yang memiliki intensitas kemacetan yang tinggi sehingga bisa di analisis lebih dalam terkait konsentrasi  $\text{NO}_2$  di Kota Yogyakarta.

### 3. Bagi Pedagang di Kota Yogyakarta

Perlu di gunakan alat menutup hidung dan mulut atau pemakaian masker medis yang mempunyai 3 lapisan yang dapat berfungsi sebagai pelindung dari bakteri dan pajanan seperti debu dan pajanan gas dari udara yang tercemar, serta kaca mata untuk melindungi diri dari paparan pajanan gas ataupun pajanan debu mengingat posisi pedagang tidak terlalu jauh dari jalan utama.

## DAFTAR PUSTAKA

Aditya, D. 2018. Malioboro Sebagai Pusat Pariwisata Kota Yogyakarta. *Jurnal chase study*

Agus Gindo, S., Budi Hari H., (2007), Pengukuran Partikel Udara Ambien (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>) di Sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemah Abang, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Batan.

Bennet, et. al. 2004. The Influence of Body Mass Index, Age, and Gender On Current Illness: A Cross Sectional Study.

Borm, Jetten, Hidayat, et. al., 2002. Respiratory Symptoms, Lung Function, and Nasal Cellularity in Indonesian Wood Workers: A Dose Response Analysis. *Occupational Environmental Medicine*, 59:338-344.

Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah DKI Jakarta. 2015. Kondisi Lingkungan dan Kecenderungannya. Status Lingkungan Hidup DKI Jakarta Tahun 2017.

Cheng, YH, et. al., 2012. Temporal Variations in Airborne Particulate Matter Levels at An Indoor Bus Terminal and Exposure Implications for Terminal Workers. *Aerosol and Air Quality Research*. Vol. 12 pg. 30-38.

Dinas Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta. 2017. Data Kualitas Udara Ambien

Dinas Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta. 2018. Data Kualitas Udara Ambien.

Dinas Lingkungan Hidup Daerah Istimewa Yogyakarta. 2019. Data Kualitas Udara Ambien.

*Environmental Protection Agency*. 2011. Particulate Matter. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm/>

Faridah. 2018. Analisis Perubahan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) Pada Area Bervegetasi Dan Tidak Bervegetasi Di Jalan Simpang Susun. Skripsi. Arsitektur Lanskap IPB.

Fischer, P. (2002). *Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: A cohort study Lancet.*

Fordiasitiko. 2002. Prevalensi Kelainan Foto Toraks dan Penurunan Faal Paru Pekerja di Lingkungan Kerja Pabrik Semen. Skripsi. FK UI.

Han, Xianghu. 2005. A Review of Traffic-Related Air Pollution Exposure Assessment Studies in The Developing World. *Environmental International*. 32: 106-120.

Hastiti, LR. 2013. Skripsi. Pajanan NO<sub>2</sub> dan Gangguan Fungsi Paru Serta Kadar Profil Lipid Darah (HDL, LDL, Kolesterol Total, Trigliserida) Pada Karyawan PT. X Kalimantan Selatan. Depok: FKM UI.

Hidayati, R., 2002. Maslaah Perubahan Iklim di Indonesia, Makalah falsafah Sains, Program Doktor, IPB. Bogor.

Howard.S. Peavy, Donald R. Rowe, G. Tchobanoglous, *Environmental Engineering*, Macgrov-Hill Book Company.

Lagorio, Susanna, et. al., 2006. Air Pollution and Lung Function Among Susce PT. Adult Subjects: A Panel Study. *Environmental Health: Global Access Science Source*. BioMed Central Journal.

Liwijaya, Kathelen. 1992. Olah Raga Sumber Kesehatan. Bandung: Penerbit Advent Indonesia.

Marpaung, Yosi Marin. 2012. Skripsi. Pengaruh Pajanan NO<sub>2</sub> Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Terminal Terpadu Kota Depok Tahun 2012.

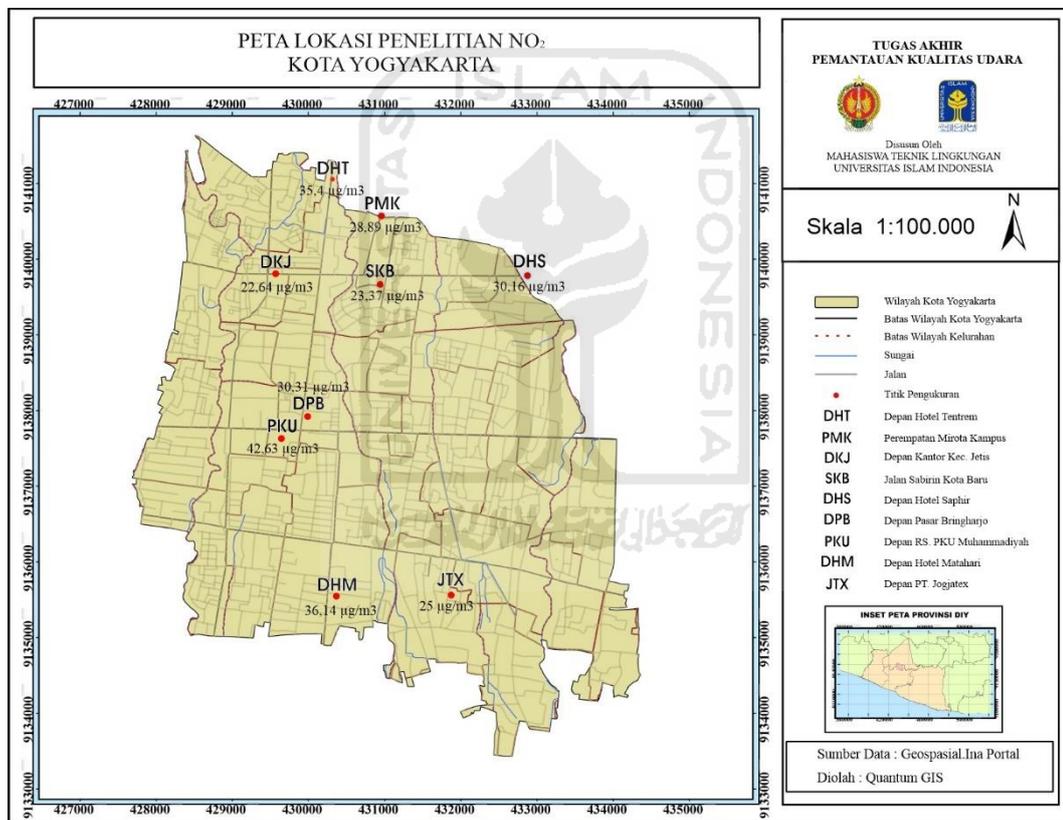
Mayer, H. (2015). *Air Pollution in Cities Air pollution in cities.*

- Novirsa, Achmadi. 2012. Jurnal Analisis Risiko Paparan NO<sub>2</sub> Di Udara Ambien Siang Hari Terhadap Masyarakat Di Kawasan Industri Semen Tahun 2012.
- Nicholson, K. W. (1989). *The effects of vehicle activity on particle resuspension. Journal of Aerosol Science.*
- Pope, C. A, et. al. 2006. Ischemic Disease Events Triggered by Short-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. Vol. 114. Pg. 2443-2448.
- Pui, D.Y, et. al. 2014. NO<sub>2</sub> in China: Measurements, Sources, Visibility and Health Effects, and Mitigation. Particology. Vol. 13. Pg. 1-26.
- Rahman, A. 2006. Prinsip-Prinsip Dasar Metode, Teknik, dan Prosedur Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Depok: FKM-UI.
- Vallius, Marko. 2005. Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air. Finland: National Public Health Institute, Department of Environmental Health.
- Seaton, A. (2015). *Particulate air pollution and acute health effects.*
- Smith, L (2015). *Near-road measurements for nitrogen dioxide and its association with traffic exposure zones Atmospheric Pollution Research.*
- World Health Organization. 2005. Air Quality Guidelines For Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide.
- World Health Organization. 2010. Exposure to Air Pollution: Major Public Health Concern. Geneva: World Health Organization.
- Zariņš, A. (2014). *Evaluation of Air Pollution Measurements in Urban. Construction Science.*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1

#### Peta Sebaran Lokasi Penelitian Nitrogen Dioksida



Sumber: Portal.Ina-sdi.or.id

Lampiran 2

Baku Mutu Udara Ambien

Parameter	Waktu Pengukuran	BMUA Primer		
		$\mu g / m^3$	Metode Analisis	Peralatan
NO <sub>2</sub>	1 jam	400	<i>Griess-Saltzman</i>	Spektrofotometer

Sumber: Pergub DIY No.153 tahun 2002



Lampiran 3

Konsentrasi NO<sub>2</sub> di titik pemantauan

Kode lokasi pemantauan	Parameter NO <sub>2</sub> Berdasarkan Tahun (µg/Nm <sup>3</sup> )		
	2016	2017	2018
PMK	38	33,23	28,89
DHT	39,6	31,71	35,4
PKU	49,15	47,46	42,63
DPB	52,31	32,35	30,31
DHS	40,72	31,21	30,16
SKB	26,6	25,24	23,37
DKJ	34,07	24,05	22,04
DHM	49,23	47,9	36,14
JTX	30,34	25,06	25

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Yogyakarta tahun 2016-2018

Lampiran 4

Kondisi Meteorologi Kota Yogyakarta tahun 2016-2018

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

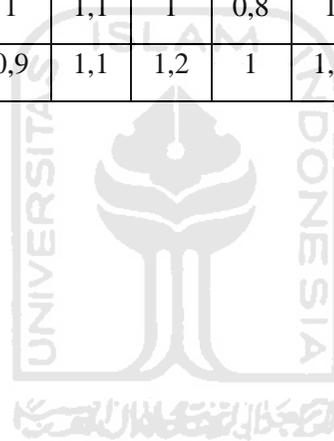
Tekanan Udara (mb)

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

Sumber : BMKG Stasiun Kelas I Gamping



Lampiran 5

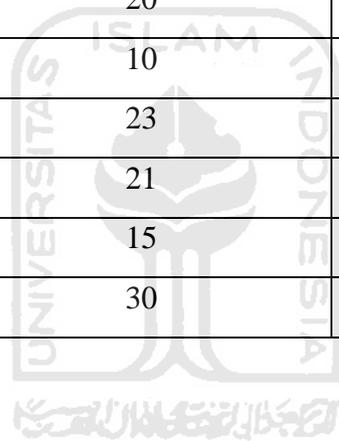
Data Kuisisioner pedagang Kota Yogyakarta

Nomor Responden	Nama Responden	Waktu Pajanan / $t_E$ (jam/hari)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / $W_b$ (kg)
PMK1	Pak Anto	12	33	52	85
PMK2	Bu Ayu	8	15	52	74
PMK3	Pak Salim	12	12	48	58
PMK4	Bu Indah	12	10	35	52
PMK5	Mas Hadi	12	5	30	62
PMK6	Pak Hendro	8	17	62	68
PMK7	Pak Bima	9	7	53	74
PMK8	Mas Toto	8	5	29	65
PMK9	Guntur	7	25	57	68
DHT1	Pak Joko	8	4	30	70
DHT2	Pak Basuki	6	28	60	50
DHT3	Pak Darsono	6	15	57	75

PKU1	Bu Titik	12	8	46	50
------	----------	----	---	----	----

Nomor	Nama Responden	Waktu Pajanan / $t_E$ (jam/hari)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / $W_b$ (kg)
PKU2	Bu Veny	10	10	38	56
PKU3	Pak Suhandi	5	16	47	65
PKU4	Pak Yoyo	10	15	56	50
DPB1	Bu Reni	9	17	45	45
DPB2	Pak Ahmadi	7	10	48	68
DPB3	Pak Udin	12	16	43	70
DPB4	Pak Ratih	6	11	52	47
DPB5	Bu Ida	6	20	65	60
DPB6	Pak Gunawan	9	17	44	68
DPB7	Pak Pardi	10	35	57	70
DPB8	Bu Martini	9	17	40	67
DPB9	Bu Satini	7	15	45	63
DPB10	Bu Yuni	15	20	52	46

DPB11	Pak Dariyanto	10	12	48	68
Nomor	Nama Responden	Waktu Pajanan / $t_E$ (jam/hari)	Durasi Pajanan / Dt (tahun)	Umur (Tahun)	Berat Badan / $W_b$ (kg)
DPB12	Bu Tuminah	10	14	56	46
DPB13	Bu Titik	10	15	47	50
DPB14	Pak Tri	10	20	54	68
DHS1	Pak Andi	7	10	53	70
SKB1	Pak Yono	7	23	55	60
DKJ1	Pak Mulyo	6	21	57	44
DHM1	Pak Agus	10	15	44	70
JTX1	Pak Bandi	6	30	65	55



Lampiran 6

Data Statistik Kota Yogyakarta tahun 2016-2018

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

. Sumber : Badan Pusat Statistika Kota Yogyakarta

## RIWAYAT HIDUP

Perkenalkan nama saya Elvin Dwi Handoko, lahir di Sungailiat, kep Bangka Belitung, 8 Juni 1997. Putra ke 2 dari ayah yang bernama Teddy Sudarsono dan ibu yang bernama Faridah. Menempuh pendidikan dasar (SD) di SD Negeri 15 Sungailiat, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama (SMP) *International Class* di SMP Negeri 2 Sungailiat, lalu melanjutkan sekolah menengah atas (SMA) di SMA Negeri 1 Sungailiat, setelah itu melanjutkan ke perguruan tinggi dengan kuliah di Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta di jurusan Teknik Lingkungan.

