

**ANALISIS KUALITAS UDARA AMBIEN DI KOTA
LHOKSEUMAWE**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

MUHAMMAD HAIKAL FAHMI

NIM. 140703004

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
TAHUN 2019**

PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

**ANALISIS KUALITAS UDARA AMBIEN DI KOTA
LHOKSEUMAWE**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri
Ar-Raniry Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana dalam
Ilmu Biologi

Oleh:

MUHAMMAD HAIKAL FAHMI
NIM. 140703004
Mahasiswa Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Lina Rahmawati, M.Si
NIDN.2027057503



Ilham Zulfahmi, M.Si
NIDN.1316078801

PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI
ANALISIS KUALITAS UDARA AMBIEN DI KOTA
LHOKSEUMAWE

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program
Sarjana (S-1) dalam Ilmu Biologi

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 1 Agustus 2019
29 Dzulqaidah 1440 H

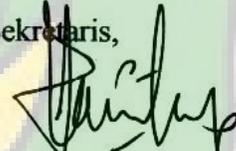
Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



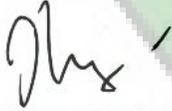
Lina Rahmawati, M.Si
NIDN. 2027057503

Sekretaris,



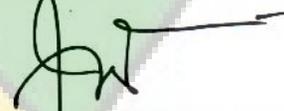
Diannita Harahap, M.Si
NIDN.2022038701

Penguji I,



Ilham Zulfahmi, M.Si
NIDN.1316078801

Penguji II,



Muslich Hidayat, M.Si
NIDN.2002037902

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




DE. Azhar Amsal, M.Pd. h
NIDN.2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Haikal Fahmi
NIM : 140703004
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat mempertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 1 Agustus 2019

Yang Menyatakan,



Muhammad Haikal Fahmi

ABSTRACT

Nama : Muhammad Haikal Fahmi
NIM : 140703004
Program Studi : Biologi Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Ambient Air Quality Analysis in Lhokseumawe City
Tanggal Sidang : 1 Agustus 2019 / 29 Dzulqaidah 1440 H
Tebal Skripsi : 80 Halaman
Pembimbing I : Lina Rahmawati, M.Si
Pembimbing II : Ilham Zulfahmi, M.Si
Kata Kunci : Ambient air, Pollution, population, Transportation, Industry.

Air pollution more increasing along with increasing population, motor vehicle and large industry in Lhokseumawe City. Expose NO_2 , SO_2 , CO, and Noise in the long-term will give rise to respiratory and hearing diseases. This research aims to analyzing ambient air quality (NO_2 , CO, SO_2 , dan noise) in Lhokseumawe city and examine factors which influences ambient air quality in Lhokseumawe City. Station 1 is at Mesjid Islamic Center, Station 2 is at Mesjid Al-Hikmah, Cunda, Station 3 is at Pasar Batuphat. Parameter Type as measured in this research that is contents Nitrogen Dioxide (NO_2), Carbon monoxide (CO), Sulfur Dioxide (SO_2) dan Noise. Data analysis done by compare parameter values obtained with quality standard value specified by Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia. The results showed that the four parameters that have been studied, a significant increase in the value of pollution. parameters NO_2 at station 1, 2 and 3 have value 173,66, 160,26 and 232,6 with quality standards 400, parameters CO at station 1, 2 and 3 have value 15.439, 15.553 and 16.464 with quality standards 30.000 and parameters SO_2 at station 1, 2 and 3 have value 296,6, 330,26 and 323,53 with quality standards 900. while for noise Parameters at station 1, 2 and 3 have value 73,24, 73,20 and 75,67 with quality standards 55 and has exceeded the established quality standards. Factors affecting ambient air quality among them population growth, motor vehicle and large industries. Score NO_2 , CO and SO_2 at all observation stations still below the quality standard While While the noise value at all observation stations already above the specified quality standards by Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk-Nya dalam menyelesaikan skripsi/tugas akhir ini. Shalawat dan salam penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang mana berkat beliau kita dapat merasakan ilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan saat ini.

Beribu terimakasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua kepada Ummi **Tizalikha** dan Abi **Anwar Abdullah** yang telah membesarkan, mendidik dengan penuh kasih sayang serta mendukung penulis baik dari segi materi maupun dukungan moril mulai dari pertama melaksanakan studi hingga selesai melakukan penelitian skripsi ini. Tak lupa pula penulis ucapkan beribu terimakasih kepada keluarga tercinta sahabat serta teman-teman seperjuangan yang sudi kiranya membantu dalam penulisan Tugas Akhir/Skripsi ini hingga selesai.

Skripsi ini berjudul “Analisis Kualitas Udara Ambien di Kota Lhokseumawe.” merupakan salah satu kewajiban untuk mengaplikasikan Tridarma Perguruan Tinggi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 pada program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh. Penulis menyadari selama penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, pengarahan, bantuan dan dukungan yang sangat berarti dari berbagai

pihak. Oleh karena itu, melalui kata pengantar ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada :

1. Bapak **Dr. Azhar Amsal, M.Pd** selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry,
2. Ibu **Lina Rahmawati, M.Si** selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.
3. Ibu **Lina Rahmawati, M.Si** selaku Pembimbing I dan Bapak **Ilham Zulfahmi, M.Si** selaku Pembimbing II yang telah membimbing dan memberi arahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Bantuan itu semua dipulangkan kepada yang maha kuasa, Allah swt untuk memberi ganjaran yang setimpal. Harapan penulis semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

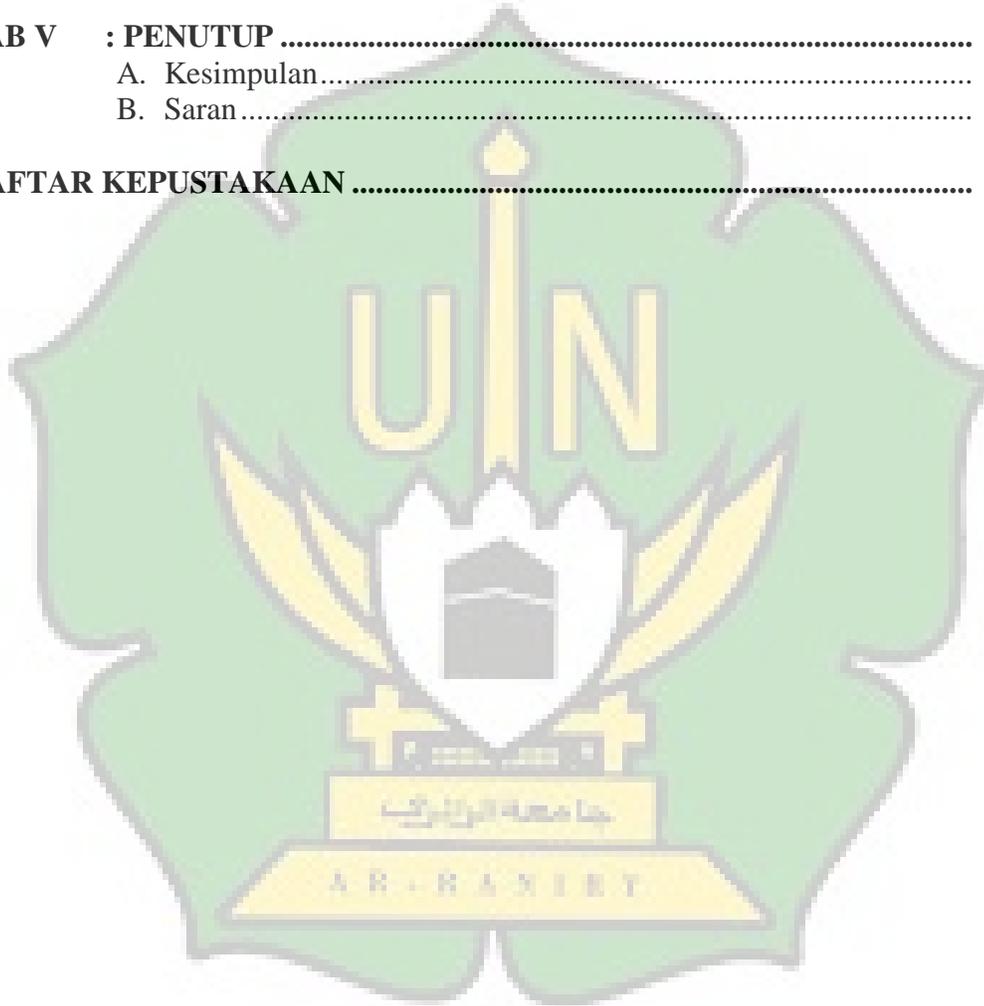
Banda Aceh, 1 Agustus 2019

Muhammad Haikal Fahmi

DAFTAR ISI

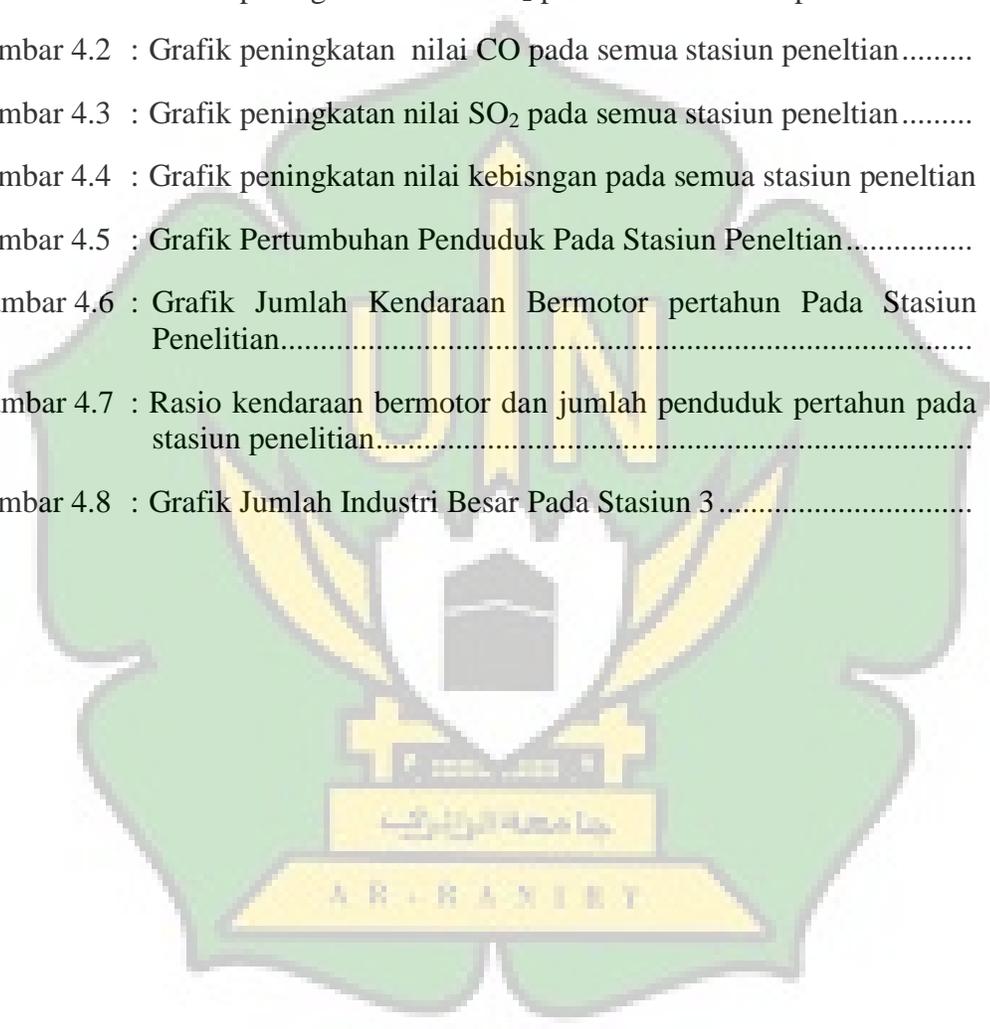
| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| | |
| BAB I : PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| C. Tujuan Penelitian..... | 4 |
| D. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| | |
| BAB II : TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| A. Udara | 5 |
| B. Indeks Kualitas Udara | 8 |
| C. Pencemaran Udara..... | 14 |
| D. Penyebab Pencemaran Udara | 15 |
| E. Sumber Pencemaran Udara | 16 |
| 1. Karbon Monoksida (CO) | 19 |
| 2. Nitrogen dioksida (NO ₂) | 20 |
| 3. Sulfur dioksida (SO ₂) | 25 |
| 4. Kebisingan | 29 |
| F. Efek Samping Pencemaran Udara | 30 |
| 1. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) | 30 |
| 1.1 Mekanisme Terjadinya ISPA dalam Tubuh Manusia | 32 |
| 1.2 Diagnosa dan Cara Pengukuran | 33 |
| 1.3 Pengobatan dan Rehabilitasi | 34 |
| 2. Efek samping lainnya yang ditimbulkan dari pencemaran udara.. .. | 35 |
| G. Pengendalian Pencemaran Udara | 39 |
| | |
| BAB III : METODOLOGI PENELITIAN | 40 |
| A. Lokasi dan Waktu Penelitian | 40 |
| B. Alat dan Bahan | 42 |
| C. Prosedur Pengumpulan Data | 43 |
| D. Analisis Data | 43 |
| 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara Ambien | 45 |

| | |
|--|--------|
| BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN | 46 |
| A. Hasil Penelitian..... | 46 |
| 1. Profil Kualitas Udara Ambien..... | 46 |
| 2. Pertumbuhan Penduduk, Kendaraan Bermotor dan Industri Besar di Lokasi Penelitian | 50 |
| B. Pembahasan | 52 |
| BAB V : PENUTUP | 59 |
| A. Kesimpulan..... | 59 |
| B. Saran..... | 59 |
| DAFTAR KEPUSTAKAAN | 61 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Hal |
|---|------------|
| Gambar 3.1 : Peta Lokasi Penelitian Di Kota Lhokseumawe | 41 |
| Gambar 3.2 : Alat yang digunakan selama penelitian..... | 43 |
| Gambar 4.1 : Grafik peningkatan nilai NO ₂ pada semua stasiun peneltian | 48 |
| Gambar 4.2 : Grafik peningkatan nilai CO pada semua stasiun peneltian..... | 49 |
| Gambar 4.3 : Grafik peningkatan nilai SO ₂ pada semua stasiun peneltian..... | 49 |
| Gambar 4.4 : Grafik peningkatan nilai kebisingan pada semua stasiun peneltian | 49 |
| Gambar 4.5 : Grafik Pertumbuhan Penduduk Pada Stasiun Peneltian..... | 50 |
| Gambar 4.6 : Grafik Jumlah Kendaraan Bermotor pertahun Pada Stasiun Penelitian..... | 51 |
| Gambar 4.7 : Rasio kendaraan bermotor dan jumlah penduduk pertahun pada stasiun penelitian..... | 51 |
| Gambar 4.8 : Grafik Jumlah Industri Besar Pada Stasiun 3..... | 52 |



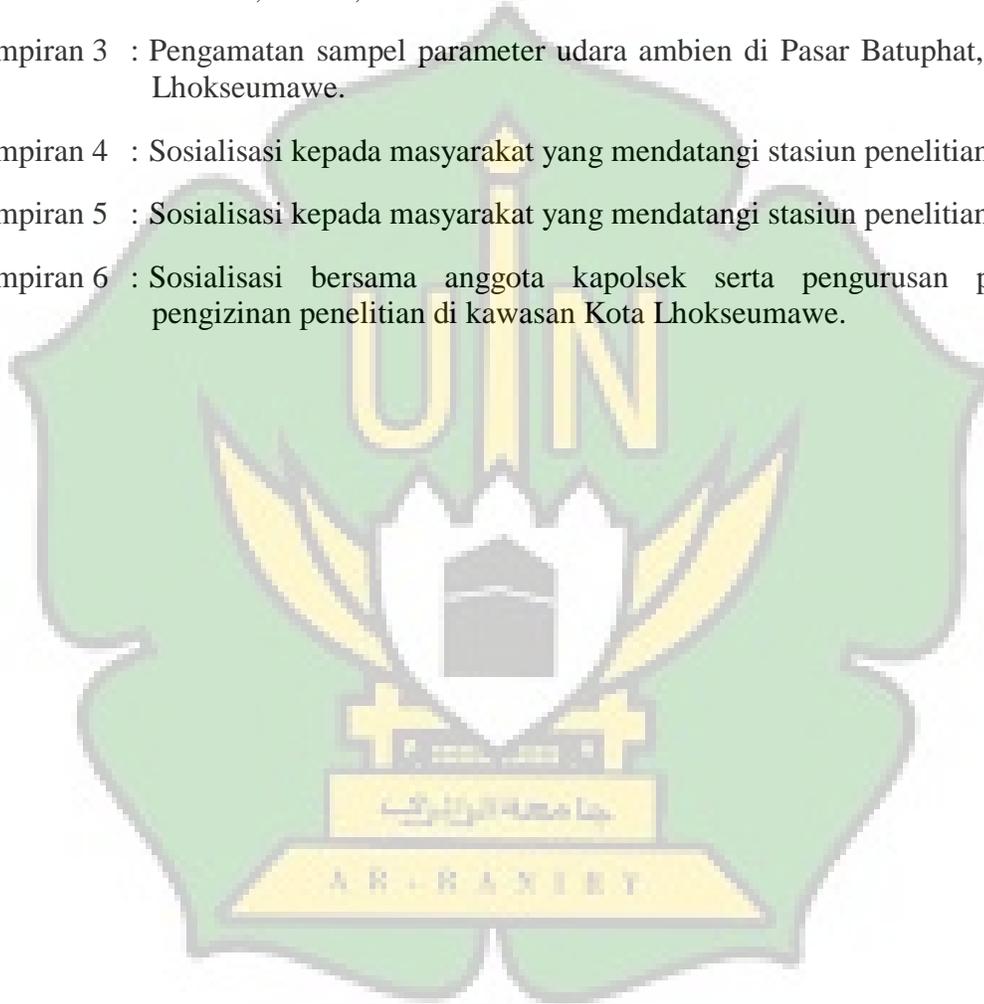
DAFTAR TABEL

| Tabel | Hal |
|---|------------|
| Tabel 2.1 : Komposisi udara bersih..... | 6 |
| Tabel 2.2 : Rentang indeks standar pencemaran udara..... | 11 |
| Tabel 3.1 : Parameter dan metode uji kualitas udara ambien dalam penelitian. | 42 |
| Tabel 3.2 : Lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara Tanggal : 26 mei 1999..... | 44 |
| Tabel 3.3 : Lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 Tanggal : 25 November 1996 | 44 |
| Tabel 4.1 : Kandungan NO ₂ , CO, SO ₂ , dan Kebisingan di Mesjid Islamic Center, Kecamatan Banda Sakti, Kota Lhokseumawe (Stasiun 1..... | 46 |
| Tabel 4.2 : Kandungan NO ₂ , CO, SO ₂ , dan Kebisingan di Mesjid Al-Hikmah, Cunda, Kecamatan Muara Dua, Kota Lhokseumawe (Stasiun 2)..... | 47 |
| Tabel 4.3 : Kandungan NO ₂ , CO, SO ₂ , dan Kebisingan di Pasar Batuphat, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe (Stasiun 3)..... | 48 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- Lampiran 1 : Pengamatan sampel parameter udara ambien di depan Mesjid Islamic Center Kota Lhokseumawe.
- Lampiran 2 : Pengamatan sampel parameter udara ambien di depan Mesjid Al Hikmah, Cunda, Kota Lhokseumawe.
- Lampiran 3 : Pengamatan sampel parameter udara ambien di Pasar Batuphat, Kota Lhokseumawe.
- Lampiran 4 : Sosialisasi kepada masyarakat yang mendatangi stasiun penelitian.
- Lampiran 5 : Sosialisasi kepada masyarakat yang mendatangi stasiun penelitian.
- Lampiran 6 : Sosialisasi bersama anggota kapolsek serta pengurusan proses pengizinan penelitian di kawasan Kota Lhokseumawe.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Udara ambien merupakan udara yang berada di sekeliling manusia dan bergerak bebas di permukaan bumi. Udara ambien dimanfaatkan manusia dalam kehidupan sehari-hari untuk menggerakkan kincir angin, membantu proses penyerbukan, mengeringkan pakaian, dan lain-lain. Pemanfaatan udara ambien harus dikelola secara bijaksana dengan mempertimbangkan kepentingan generasi sekarang dan generasi yang akan datang (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1999).

Polutan udara ambien yang berpotensi tinggi menyebabkan gangguan pernapasan dan pendengaran pada manusia antara lain NO_2 , SO_2 , CO , dan kebisingan. Bahan pencemar NO_2 , SO_2 , CO , dan kebisingan merupakan beberapa jenis dari polutan yang ada di udara, terutama yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil (Djajadiningrat, S.t, Amir, H.H, 1991). Dampak yang ditimbulkan dari paparan polutan tersebut berupa iritasi pada saluran pernapasan dan gangguan pada sistem pendengaran manusia. Paparan udara ambien dalam jangka panjang dapat menimbulkan penyakit pernapasan seperti bronkitis kronik, pembengkakan paru-paru, pembengkakan gendang telinga dan berujung pada kematian (Akdemir, Andac, 2011).

Efek samping dari paparan gas NO_2 dan SO_2 pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan gejala mata berair dan perih, sedangkan pada tingkat konsentrasi tinggi dapat menyebabkan sesak nafas, iritasi tenggorokan bahkan kematian. Paparan gas

CO dapat memberikan efek samping berupa timbulnya iritasi mata, iritasi tenggorokan, pembengkakan membran mukosa, serta dapat memperburuk kondisi asma, PPOK (penyakit paru kronis obstruktif) hingga bronkitis kronis. Paparan kebisingan dalam jangka panjang akan menimbulkan kerusakan pada sistem pendengaran seperti hilangnya fungsi pendengaran, kerusakan pada gendang telinga hingga ketulian (Tugaswati, 2007).

Pemantauan kualitas udara ambien merupakan bagian dari pengelolaan kualitas udara dengan tujuan menjadikan kualitas udara di lingkungan layak bagi kesehatan manusia. Seiring dengan meningkatnya aktifitas manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari terutama dalam sektor transportasi maka lingkungan udara semakin bertambah beban polutan pencemarnya. Senyawa NO_2 , SO_2 , CO, dan kebisingan merupakan beberapa jenis dari polutan di udara yang mengakibatkan menurunnya kualitas udara di lingkungan udara ambien (DLHK Kota Lhokseumawe, 2018).

Kota Lhokseumawe terletak di antara $4^0 - 5^0$ Lintang Utara dan $96^0 - 97^0$ Bujur Timur dengan ketinggian rata-rata 13 meter diatas permukaan laut. Sejak terbentuk pada tahun 2001, hingga saat ini Kota Lhokseumawe dibagi menjadi 4 kecamatan, 9 mukim, 68 desa, dan 259 dusun. Posisi sebelah timur Kota Lhokseumawe berbatasan dengan Kecamatan Syamtalira Bayu (Aceh Utara), posisi sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Dewantara (Aceh Utara), posisi sebelah utara Kota Lhokseumawe, berbatasan dengan Selat Malaka dan posisi sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Kuta Makmur (Aceh Utara), Luas Kota Lhokseumawe Yaitu $186,06 \text{ Km}^2$ yang sebagian lahan digunakan untuk pemukiman penduduk (Lhokseumawe Dalam Angka, 2018).

Seiring dengan meningkatnya kegiatan ekonomi sebagai wujud keberhasilan pembangunan Kota Lhokseumawe, maka sistem transportasi dan industri akan terus meningkat, terutama kendaraan bermotor. Meningkatnya jumlah industri dan kendaraan bermotor mempunyai dampak negatif bagi lingkungan, yaitu terjadinya pencemaran udara yang diakibatkan oleh aktivitas penduduk, industri dan transportasi.

Dewasa ini pencemaran udara di Kota Lhokseumawe semakin meningkat. Ini disebabkan karena meningkatnya jumlah kendaraan yang memasuki Kota Lhokseumawe. Secara visual hal ini dapat dilihat dari meningkatnya jumlah kendaraan per tahun yang ada di Kota Lhokseumawe. Disamping itu pencemaran udara di Kota Lhokseumawe berpotensi mengganggu kenyamanan Masyarakat yang hendak beribadah kemesjid dalam kawasan Kota Lhokseumawe (Lhokseumawe kota BPS, 2018).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, perumusan masalah yang diajukan dalam penelitian analisis ini adalah :

1. Bagaimana kualitas udara ambien (NO_2 , CO , SO_2 , dan Kebisingan) di Kota Lhokseumawe.
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi kualitas udara ambien (NO_2 , CO , SO_2 , dan Kebisingan) di Kota Lhokseumawe.

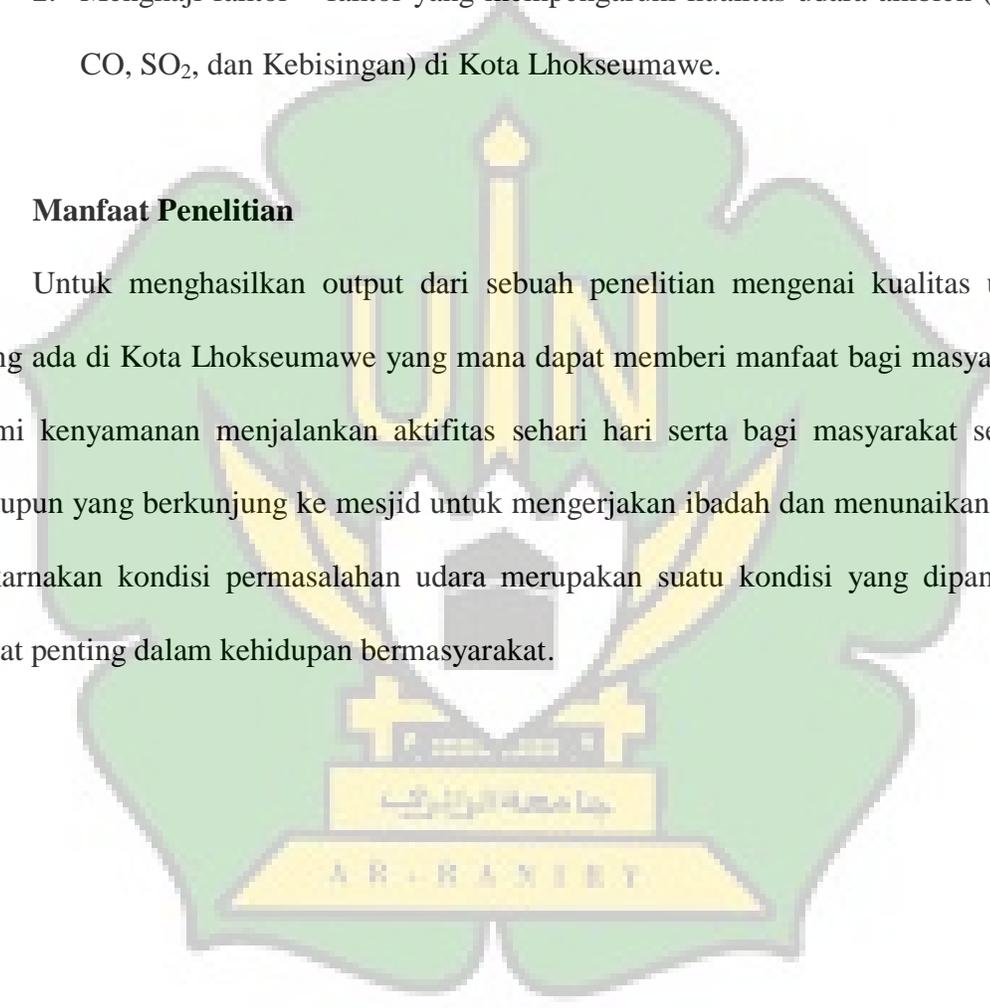
C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kualitas udara ambien (NO_2 , CO , SO_2 , dan Kebisingan) di Kota Lhokseumawe.
2. Mengkaji faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas udara ambien (NO_2 , CO , SO_2 , dan Kebisingan) di Kota Lhokseumawe.

D. Manfaat Penelitian

Untuk menghasilkan output dari sebuah penelitian mengenai kualitas udara yang ada di Kota Lhokseumawe yang mana dapat memberi manfaat bagi masyarakat demi kenyamanan menjalankan aktifitas sehari hari serta bagi masyarakat sekitar maupun yang berkunjung ke mesjid untuk mengerjakan ibadah dan menunaikan salat dikarenakan kondisi permasalahan udara merupakan suatu kondisi yang dipandang amat penting dalam kehidupan bermasyarakat.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pertambahan penduduk dan pertumbuhan ekonomi di kota-kota besar umumnya terjadi amat pesat. Faktor ini dapat meningkatkan kebutuhan manusia itu sendiri baik berupa lokasi pemukiman, transportasi, perindustrian, sandang, pangan, sarana dan prasarana. Disamping itu, kemajuan teknologi yang digapai manusia demi menyokong kebutuhan hidup dapat memberi dampak dan negatif bagi lingkungan hidup. Dampak negatif yang dapat ditimbulkan berupa rusaknya keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu bukti nyata dampak negatif bagi lingkungan hidup, yaitu sulitnya memperoleh udara dengan kualitas baik dan bersih. Kawasan perkotaan merupakan kawasan yang paling parah mengalami pencemaran udara (BAPEDAL, 1999).

A. Udara

Campuran gas dalam udara yang terdapat pada lapisan atmosfer bumi tidak selalu stabil dan konstan sehingga dapat berubah dari waktu ke waktu. Wardhana (2004), berpendapat, Udara merupakan campuran berbagai macam gas dengan konsentrasi tidak tetap, tergantung pada keadaan tekanan udara, suhu udara dan lingkungan sekitarnya (Wardhana, 2004). Wallace dan Hobbs (1977), dalam Fardiaz, (2008), berpendapat bahwa udara dalam istilah meteorologi disebut dengan atmosfer. Atmosfir merupakan campuran gas-gas yang tidak selalu stabil dan konstan. Wallace

(2008), juga berpendapat, atmosfer terdiri dari campuran gas-gas sehingga tidak tertangkap oleh indera manusia kecuali jika berbentuk cairan (uap air) dan padatan (awan) (Rozari, 1986). Lutgens dan Tarbuck (1982), menyatakan lapisan atmosfer mempunyai ketinggian sekitar 110 km dari permukaan bumi. bagian terbesar dari atmosfer berada di bawah ketinggian 25 km, karena sangat dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi (Lutgens, 1982).

Oksigen yang terkandung dalam udara merupakan komponen esensial bagi kehidupan di bumi, terutama bagi manusia dan maupun makhluk hidup lainnya. Komposisi udara normal meliputi 78 % N₂, 20 % O₂, 0,93 % Ar, 0,03 % CO₂ selebihnya terdiri dari neon (Ne), helium (He), metan (CH₄) dan hidrogen (H₂). Sebaliknya, jika terjadi penambahan unsur atau jenis gas lainnya yang menyebabkan gangguan serta dapat merubah komposisi udara normal, maka udara tersebut dapat dikatakan sudah tercemar atau terpolusi. Udara pada keadaan normal dan bersih lebih didominasi oleh 4 unsur gas yaitu 78,09% N₂, 20,95% O₂ 0,93% Ar dan 0,032% CO₂. sedangkan jenis gas lain sangat kecil konsentrasinya (Giddings, 1973). Komposisi udara kering dan bersih dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang jumlah komposisi udara bersih di udara ambien.

| No | Komponen | Konsentrasi dalam volume | |
|----|------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | (ppm) | (%) |
| 1 | Nitrogen (N ₂) | 780,900 | 78,09 |
| 2 | Oksigen (O ₂) | 209,500 | 20,95 |
| 3 | Argon (Ar) | 9,300 | 0,93 |
| 4 | Karbon Dioksida (CO ₂) | 320 | 0,032 |
| 5 | Noen (Ne) | 18 | 1,8 x 10 ⁻³ |
| 6 | Helium (He) | 5,2 | 5,2 x 10 ⁻⁴ |
| 7 | Metana (CH ₄) | 1,5 | 1,5 x 10 ⁻⁴ |

| | | | |
|----|------------------|--------|----------------------|
| 8 | Krypton (Kr) | 1,0 | $1,0 \times 10^{-4}$ |
| 9 | H ₂ | 0,5 | $5,0 \times 10^{-5}$ |
| 10 | H ₂ O | 0,2 | $2,0 \times 10^{-5}$ |
| 11 | CO | 0,1 | $1,0 \times 10^{-5}$ |
| 12 | Xe | 0,08 | $8,0 \times 10^{-6}$ |
| 13 | O ₂ | 0,2 | $2,0 \times 10^{-6}$ |
| 14 | NH ₂ | 0,006 | $6,0 \times 10^{-7}$ |
| 15 | NO ₂ | 0,001 | $1,0 \times 10^{-7}$ |
| 16 | NO | 0,0006 | $6,0 \times 10^{-8}$ |
| 17 | SO ₂ | 0,0002 | $2,0 \times 10^{-8}$ |
| 18 | H ₂ S | 0,0002 | $2,0 \times 10^{-8}$ |

Pada Tabel 2.1 dapat dilihat bahwa keempat gas penyusun (N₂, O₂, Ar, dan CO) sebesar 99,99 % dari volume gas yang ada. Nitrogen dalam keadaan murni sulit dimanfaatkan atau diserap oleh makhluk hidup. Tumbuh-tumbuhan baru bisa menyerap nitrogen apabila telah dirombak menjadi senyawa lain. Contohnya nitrogen di rubah dalam bentuk amonia dan nitrogendioksida. Kegiatan yang dilakukan manusia sehari hari seringkali dapat menyebabkan menurunnya kualitas udara yang tersedia di atmosfer. Perubahan ini dapat bebentuk perubahan sifat kimiawi maupun sifat fisis dari udara. Perubahan kimiawi, dapat berupa penambahan maupun pengurangan komponen kimia yang terkandung dalam udara, yang umumnya dikenal sebagai pencemaran udara atau polusi udara. Kualitas udara yang digunakan dalam kehidupan sehari hari tergantung dari lingkungannya apakah lingkungan tersebut sudah mengalami pencemaran maupun tidak. Demikian juga apabila suatu kota yang tercemar oleh asap kendaraan bermotor akan memberikan dampak buruk bagi kehidupan seperti gangguan kesehatan (Giddings, 1973).

Udara dibedakan menjadi dua yaitu udara ambien dan udara emisi. Udara ambien merupakan udara bebas yang ada di atmosfer bumi yang sehari-hari dihirup

oleh makhluk hidup Sedangkan Udara emisi yaitu udara yang dikeluarkan oleh sumber emisi seperti knalpot kendaraan bermotor, cerobong gas buang industri dan lain lain (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1999).

B. Indeks Kualitas Udara

Pertumbuhan penduduk diikuti dengan pertumbuhan dari sektor lain seperti pertumbuhan industri dan pertumbuhan transportasi merupakan dua sektor utama yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran udara, sehingga menurunkan kualitas udara (Gulia S, Dkk, 2015).

Kondisi lingkungan merupakan hal terbesar yang menjadi penyebab terjadinya masalah kesehatan terutama pada manusia. Perkembangan industri dan penggunaan teknologi yang semakin meningkat memiliki dampak negatif yang signifikan bagi penurunan kualitas lingkungan seperti timbulnya pencemaran udara, baik yang terjadi di dalam ruang (indoor) maupun di luar ruang (outdoor). Penurunan kualitas lingkungan tersebut dapat mempengaruhi kesehatan manusia hingga berpotensi menyebabkan penularan penyakit (KepMenKes RI, 2002).

Berbagai bahan pencemar udara yang berasal dari sumber bergerak maupun tidak bergerak banyak memengaruhi kualitas udara di lingkungan. Bahaya potensial dari bahan pencemar udara tersebut dapat muncul dalam bentuk yang amat bervariasi dan sangat berdampak buruk terhadap kesehatan. Partikel pencemar udara yang paling mendominasi dan mempengaruhi kesehatan manusia antara lain partikel, CO, SO_x, NO_x, dan Kebisingan (Sugiarti, 2009).

Indikator kualitas lingkungan sebagai Indeks Kualitas Udara (IKU) menjadi penting terkhusus bagi masyarakat demi meningkatkan kesadaran masyarakat itu sendiri maupun yang mengambil kebijakan agar memahami permasalahan lingkungan terutama permasalahan udara. Pengelolaan kualitas udara merupakan gabungan dari kesadaran, peraturan, peningkatan kapasitas, dan kemitraan untuk sama-sama berkontribusi meningkatkan kualitas udara (Gulia S, Dkk, 2015).

Kualitas udara dalam bentuk indeks kualitas udara (IKU) memungkinkan dan memudahkan untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di lingkungannya. Manfaat IKLH antara lain : (1) untuk menilai kualitas udara pada suatu lingkungan apakah memenuhi baku mutu atau tidak, (2) menjalankan peraturan pemerintah tentang pengendalian pencemaran udara, (3) memberikan informasi kepada masyarakat terutama masyarakat awam terkait tingkat pencemaran, (4) sebagai bahan pertimbangan bagi pemerintah dalam mengutamakan program dan kegiatan yang berguna untuk mengendalikan tingkat pencemaran di lingkup lingkungan hidup (Kanchan, Dkk, 2015).

Indeks kualitas udara merupakan salah satu cara atau metode secara tidak langsung yang digunakan untuk menginformasikan kondisi kualitas udara suatu perkotaan kepada masyarakat terutama masyarakat awam. Bahasa indeks merupakan suatu bentuk penyampaian informasi berupa kondisi suatu lingkungan apakah lingkungan tersebut telah tercemar atau tidak, bahasa indeks umumnya digambarkan dengan suatu nilai maupun simbol sederhana dan mudah untuk dimengerti masyarakat terutama masyarakat awam. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan angka maupun grafik yang menggambarkan kondisi kualitas udara

ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Bentuk indeks lingkungan pada suatu daerah tidak akan selalu sama antara satu daerah dengan daerah lainnya. Guna menghindari kebingungan dan kesalah pahaman masyarakat terutama masyarakat awam, maka perlu ditambahkan definisi yang jelas seperti indeks, grafik dan lain-lain. Dewasa ini indeks standar kualitas udara yang diaplikasikan secara resmi di wilayah Negara kesatuan republik Indonesia adalah ISPU (Indek Standar Pencemar Udara), hal ini sesuai dengan KEPMENLH (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup) Nomor : KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Didalam keputusan tersebut tercantum keputusan yang diaplikasikan sebagai bahan pertimbangan antara lain: bahwa demi memberikan kemudahan dari keseragaman dan keselarasan informasi kualitas udara ambien kepada masyarakat pada waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan instansi terkait dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara maka dai itu perlu disusunnya Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) (KEPMENLH, 1997).

Informasi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup merupakan salah satu bentuk informasi masyarakat sesuai dengan pasal 9 UU No 14 tahun 2008 tentang keterbukaan informasi publik, yang mana setiap publik wajib mengumumkan informasi tertama yang diperlukan publik secara berkala faktor ini sejalan dengan pasal 6 PP No 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, yang mana Kepala Daerah harus menetapkan status mutu udara ambien di kawasan pemerintahannya. Disamping itu di dalam pasal 5 Kepmen LH No 45 tahun 1997

tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) Kepala Daerah diwajibkan melaporkan evaluasi ISPU secara berkada dan sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami dalam lingkup wilayah pemerintahannya dan menyampaikan hasil ISPU di wilayahnya minimal satu kali setahun. Faktor ini dipertegas dalam pasal 5 Permen LH No 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di daerah (UURI, No14, 2008, PP Nomor 41 Tahun 1999, Kepmen LH No 45 tahun 1997, Peraturan Menteri LH Nomor 12 tahun 2010).

Menurut kriteria indeks kualitas lingkungan Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), indikator lingkungan harus mampu menyediakan penyajian visual yang representatif dari kondisi lingkungan dan respon publik terhadap perubahan lingkungan dan perubahan aktivitas manusia yang berhubungan dengan perubahan lingkungan tersebut dengan konsep sederhana dan mudah ditafsirkan sehingga mampu menunjukkan trend baik meningkat maupun menurun dari waktu ke waktu dengan menggunakan dasar ilmiah yang dapat dipercaya dan dapat dijadikan referensi sebagai pembandingan baik di taraf nasional maupun internasional (Linster, 2003).

Indeks Standar Pencemar Udara ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka maupun indeks atau grafik. Rentang Indeks Standar Pencemar Udara dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Rentang indeks standar pencemaran udara.

| No | Kategori | Rentang | Penjelasan |
|----|----------|---------|--|
| 1 | Baik | 0 – 50 | Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia |

| | | | |
|---|--------------------|-------------|--|
| | | | atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika. |
| 2 | Sedang | 51 – 100 | Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika |
| 3 | Tidak sehat | 101 – 199 | Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia atau kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika |
| 4 | Sangat tidak sehat | 200 – 299 | Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar |
| 5 | Berbahaya | 300 – Lebih | Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius |

Indeks polutan di lingkungan terkadang meliputi variabel-variabel pencemar yang menggambarkan kondisi polutan yang dilepas ke lingkungan seperti kondisi dari emisi cerobong asap industri atau limbah yang dibuang dari wastewater treatment (instalasi pengolahan limbah cair) (Budiyono A, 2005).

Bentuk indikator lingkungan biasanya mereferensi pada kuantitas lingkungan itu sendiri sebagai contoh, kondisi perhari konsentrasi SO_2 terkandung di atmosfer, apakah melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan ataupun telah melewati baku mutu yang di tetapkan yang mana berguna sebagai indikator tingkat polusi SO_2 di atmosfer. Indikator lingkungan dapat diproses dan disajikan melalui penjumlahan secara matematis yang dapat menunjukkan bentuk maupun gambaran dari "Indeks Lingkungan". Dalam hal menghitung indeks, proses pertama yang akan dilakukan ialah menghitung indikator-indikator secara individual atau satu per satu, yang mana

satu indikator untuk satu variabel polutan, indikator-indikator ini akan menggambarkan kondisi dimana sub indeks akan terlihat, maka indikator dan indeks merupakan dua hal yang sangat berkaitan yang dapat dibuat referensi untuk melihat profil kualitas lingkungan (Budiyono A, 2005).

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup menjadi patokan utama yang menjadi Sasaran Pokok Pembangunan Nasional. Salah satu sasaran strategisnya yaitu menjaga kualitas lingkungan hidup demi terjaganya daya dukung lingkungan hidup, ketahanan air dan kesehatan masyarakat, disamping itu perlu dilakukan upaya penyempurnaan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup yang berguna untuk memantau dan melaporkan status lingkungan dan kecenderungannya berdasarkan indikator dan parameter spesifik yang dapat mencerminkan peningkatan kualitas lingkungan hidup (PP Nomor 43 Tahun 2014, KemenLH dan Kehutanan, Tahun 2015).

Penyempurnaan Indeks Kualitas Udara digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan yang mendekati kondisi sebenarnya yang ada di lapangan disamping itu apabila sumber daya terbatas dan kondisi tidak ideal maka dapat diantisipasi dengan hanya mengukur satu parameter yang sensitive yang kerap memberikan dampak negatif baik bagi manusia maupun lingkungan sekitar (Peraturan MenLH Nomor 12 tahun 2010).

Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) merupakan subjek yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang dilandaskan kepada dampak negatif terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya (Kepmen LH No 45 tahun 1997).

C. Pencemaran Udara

Pencemaran udara atau polusi udara merupakan hadirnya substansi fisik, kimia, maupun biologi di lingkup atmosfer dengan jumlah dan konsentrasi yang membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan (U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency, 2007). Pencemaran udara merupakan masuk atau dimasukkannya zat, energy, makhluk hidup maupun komponen lain ke dalam udara ambien sehingga dapat merubah komposisi udara normal yang disebabkan karna kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara ambien menjadi menurun dan tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1988).

Polutan udara yang telah lama diketahui dan sangat berdampak negatif bagi keseimbangan lingkungan baik yang berdampak langsung bagi manusia seperti terganggunya fungsi paru-paru manusia, maupun yang berdampak langsung bagi alam seperti terganggunya keseimbangan hutan, pertanian, dan lingkup perairan baik itu alami maupun buatan manusia. Kesulitan mengendalikan polutan disebabkan karena proses pembentukannya bukan disebabkan karna emisi secara langsung ke atmosfer, akan tetapi akibat serangkaian reaksi kompleks yang melibatkan senyawa organik yang mudah menguap. Konsentrasi polutan dapat meningkat pada kondisi meteorologi tertentu (Schreiber, 1996).

Chandra (2007), berpendapat bahwa yang dimaksud pencemaran udara ialah terjadinya penambahan substrat fisik maupun kimia ke dalam lingkungan udara normal dengan volume tertentu, sehingga dapat dirasakan oleh manusia serta dapat

memberikan efek buruk bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Terjadinya pencemaran udara apabila dicampuri dengan zat polutan yang dapat berefek samping terhadap organisme hidup. Setiap substansi yang bukan merupakan bagian dari komposisi udara normal disebut sebagai polutan (Chandra, Budiman.2007).

D. Penyebab Pencemaran Udara

Tingkat polusi diklasifikasikan berdasarkan konsentrasinya di udara. Bila konsentrasinya belum memberikan dampak efek samping bagi manusia dan lingkungan maka polusi masih dikategorikan tergolong normal, sebaliknya bila konsentrasinya telah memberikan dampak efek samping bagi manusia dan lingkungan maka polusi dapat dikategorikan berbahaya bagi kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan (IDEQ, Ground Level Ozone, 2008).

Keberadaan polutan bahan pencemar di lingkup udara dihasilkan dari proses alam maupun aktivitas manusia. Kontribusi bahan pencemar di udara disebabkan karna aktivitas manusia yang berasal dari sumber pencemar baik bergerak maupun tidak bergerak seperti lingkungan kerja, perkantoran, industri, dan kendaraan bermotor (BBTKL dan PPM, 2009).

Sektor transportasi dan industri merupakan penyumbang polusi terbesar bagi pencemaran udara khususnya di kota-kota besar. Sama halnya dengan negara-negara berkembang sektor transportasi dan industri merupakan kontributor utama bagi pencemaran udara. Dewasa ini lebih dari 70% pencemaran udara di Indonesia disebabkan karna emisi kendaraan bermotor selebihnya akibat aktivitas industri dan lain-lain. Aktivitas tersebut menyumbang polutan berbahaya yang dapat

menimbulkan dampak negatif baik bagi kesehatan manusia maupun lingkungan (Agusnar H, 2007).

Proses pembakaran pada kendaraan bermotor dan industri tidak berlangsung secara sempurna. Proses pembakaran tidak sempurna pada kendaraan bermotor di dominasi oleh gas Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Sulfur Dioksida (SO₂). Setiap kendaraan akan menghasilkan emisi gas buang pembakaran sesuai dengan cara pengoperasian mesin. Kemacetan lalu lintas, diduga memberikan kontribusi lebih besar dalam meningkatkan konsentrasi emisi gas buang (SK Gubernur Provinsi Jawa Tengah, 2001).

E. Sumber Pencemaran Udara

Secara garis besar sumber pencemaran udara dapat dibagi dua kategori sebagai berikut : (U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency, 2007).

1) Aktivitas Manusia

- a. Sumber yang bergerak termasuk kendaraan bermotor.
- b. debu dan pembakaran terkontrol maupun tidak terkontrol.
- c. Uap dari cat, *hair spray*, dan semprot aerosol.
- d. Sampah endapan di *landfills*, yang menghasilkan methane. Methane dapat menyebabkan sesak nafas.
- e. Militer, seperti senjata nuklir, gas beracun dan peroketan.

2) Sumber Alam

- a. Debu dari sumber alam misalnya erupsi gunung berapi.

- b. Methane yang dikeluarkan dari proses pencernaan makanan oleh binatang misalnya sapi.
- c. Asap dan karbon monoksida dari kebakaran alami.
- d. Aktivitas gunung berapi, yang memproduksi klorin dan belerang.

Menurut Soedomo (2001) ada beberapa jenis pencemaran udara, tergantung dari pengelompokkannya yaitu : (Soedomo, Moestikahadi, 2003).

- 1) Dilihat dari Berdasarkan ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa :
 - a. Partikel (debu dan partikel kasat mata lainnya)
 - b. Gas (CO, NO_x dan SO_x)
 - c. Energi (kebisingan)
- 2) Berdasarkan dari 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 emisi pencemar, yaitu :
 - a. Sumber titik (*point source*) ialah sumber yang diam, berupa cerobong asap.
 - b. Sumber garis (*line source*) ialah sumber yang bergerak berasal dari kendaraan bermotor.
 - c. Sumber area (*area source*) ialah sumber berasal pembakaran terbuka di daerah pemukiman, pedesaan dan lain-lain.

Pencemaran udara pada kondisi tertentu dapat mengandung satu atau lebih bahan pencemar, baik berupa cairan, padatan maupun gas yang terdispersi ke udara dan kemudian mencemari lingkungan sekitarnya. Kecepatan dari penyebaran polutan tergantung pada keadaan meteorologi dan geografi setempat (Sugiarti, 2009). Sugiarti (2009), berpendapat bahwa Penyebab pencemar udara umumnya dibagi kedalam dua macam faktor, yaitu: Karena faktor internal dan faktor eksternal. a. Faktor internal (secara alamiah) yang memengaruhi pencemaran udara seperti: abu vulkanik yang dikeluarkan dari letusan gunung bersamaan dengan gas-gas vulkanik, debu yang beterbangan karna tiupan angin, proses pembusukan sampah organik dan lain-lain. b. Faktor eksternal (efek samping kegiatan manusia) yang memengaruhi pencemaran udara seperti: hasil pembakaran bahan bakar fosil, pemakaian zat kimia yang disemprotkan ke udara dan debu atau serbuk dari kegiatan industry (Sugiarti, 2009).

Wardhana (2001), juga berpendapat zat pencemar utama yang bersumber dari aktivitas manusia berupa gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil dan industri. Perkiraan nilai persentase komponen pencemar udara di Indonesia khususnya transportasi dan industri diantaranya : (Wardana, 2001).

1. Karbon Monoksida (CO) 70,50%
2. Hidrokarbon (HC) 18,34%
3. Sulfur Dioksida (SO₂) 0,9%
4. Nitrogen Dioksida (NO₂) 8,9%
5. Kebisingan 15.76%
6. Gas rumah Kaca 22,18%

Umumnya jenis-jenis bahan pencemar yang dapat merubah tatanan udara ambien diataranya : (Sugiarti, 2009).

1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan salah satu pembentuk (prekursor) yang sangat berdampak bagi proses pembentukan polutan pencemar di atmosfer. Karbon monoksida (CO) merupakan spesies kunci sebagai polutan pencemar di dalam sistem fotokimia di bagian troposfer bawah (permukaan). Sekitar 70% oksidan kimia di atmosfer bereaksi dengan CO (Henne, S, 2007).

Karbon monoksida, merupakan senyawa gas dengan rumus (CO) yang tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna. Karbon monoksida (CO) tercipta dari proses pembakaran yang tidak sempurna dari senyawa karbon. Karbon monoksida (CO) terbentuk apabila terjadi kekurangan senyawa oksigen dalam proses pembakaran (Kamal, 2015). Karbon monoksida (CO) merupakan jenis polutan yang tersebar paling luas di udara. Setiap tahun, gas Karbon monoksida (CO) dilepaskan ke udara dengan jumlah yang lumayan banyak dibandingkan dengan polutan udara lainnya. Pada kawasan dengan kepadatan populasi tinggi, rasio polutan CO bisa mencapai 1 hingga 10 ppm (Kamal, 2015).

Polutan CO terbentuk melalui reaksi oksidasi fotokimia antara karbon monoksida (CO) dan senyawa organik yang mudah menguap. Penelitian menunjukkan bahwa pengaruh CO terus menerus memberikan efek samping bagi lingkungan. National Research Council America tahun 1999 menyimpulkan bahwa

sekitar 20% polusi permukaan secara langsung berasal dari emisi CO. (Zhang Lin, 2006).

Asap kendaraan merupakan kontributor terbesar bagi polutan Karbon monoksida (CO). Data mengungkapkan bahwa 60% polusi udara di kawasan perkotaan disebabkan karena transportasi yang berbahan bakar fosil. Karbon monoksida (CO) yang meningkat dari tahun ke tahun dapat menyebabkan meningkatkan jumlah kematian bayi, turunnya berat janin dan kerusakan otak. Oleh karenanya strategi penurunan kadar karbon monoksida akan bergantung pada pengendalian emisi kendaraan bermotor seperti penggunaan bahan bakar terbarukan yang rendah polusi bagi kendaraan bermotor (Kamal, 2015).

2. Nitrogen dioksida (NO₂)

Nitrogen oksida (NO_x) merupakan kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari Nitrit oksida (NO) dan Nitrogen dioksida (NO₂). Selain kedua zat tersebut, masih ada bentuk nitrogen oksida lainnya akan tetapi kedua gas tersebut merupakan gas polutan dengan konsentrasi paling tinggi sebagai pencemar di udara. Sifat dari gas Nitrit oksida (NO) ialah tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya Nitrogen dioksida (NO₂) berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam (Wijayanti, 2012). Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan senyawa gas toksik, mudah larut dalam larutan alkali, kloroform dan karbon disulfide. akan tetapi tingkat kelarutannya dalam air rendah. Umumnya senyawa gas Nitrogen dioksida (NO₂) berwarna coklat kemerahan. pada suhu di bawah 21,2°C akan berubah menjadi larutan berwarna kuning. Bau yang dilepaskan gas Nitrogen dioksida (NO₂) yaitu berbau tajam dan

khas sehingga dapat mengganggu bahkan dapat mengiritasi saluran pernafasan (Handayani, 2003).

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan salah satu dari kelompok polutan Nitrogen oksida (NO_x) bersama dengan NO , HNO_2 , dan HNO_3 . Namun, NO_2 menjadi faktor penting dan menjadi indikator dari seluruh kelompok NO_x (CAI-Asia Factsheet, 2010). Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan golongan gas beracun dengan tingkat kelarutannya dalam air rendah, akan tetapi senyawa Nitrogen dioksida (NO_2) mudah larut dalam larutan alkali, karbon disulfida dan larutan kloroform. Umumnya Gas Nitrogen dioksida (NO_2) berwarna coklat agak kemerah merahan kondisi Nitrogen dioksida (NO_2) pada suhu di bawah $21,2^\circ\text{C}$ akan berubah menjadi cairan berwarna kuning. Bau yang ditimbulkan dari gas Nitrogen dioksida (NO_2) khas dan sangat mengganggu bahkan dalam beberapa laporan dapat mengiritasi saluran pernafasan pada konsentrasi 1 hingga 3 ppm (Handayani, 2003).

Gas Nitrogen dioksida memiliki cirikhas yang berwarna kemerah merahan dan berbau agak tajam (Fardiaz, 2008). Nitrogen dioksida (NO_2) terbentuk dengan cepat dari proses pembakaran tidak sempurna dari kendaraan bermotor, proses pembangkit listrik yang menggunakan maerial batu bara, dan proses industri lainnya yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil. Paparan NO_2 di lingkungan perlu perhatian khusus untuk kelompok rentan seperti penderita asma, anak-anak, dan manula (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Efek samping paparan NO_2 meliputi batuk, sesak sianosis, asfiksi, edema paru, dan bronkiolitis obliterans (Handayani, 2003).

Umunya gas Nitrogen dioksida (NO_2) bersumber dari proses pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, gas dan batu bara. Pada lingkup kawasan perkotaan 80%

polutan Nitrogen dioksida (NO_2) diproduksi dari proses pembakaran pada kendaraan bermotor. Sumber lainnya dari polutan Nitrogen dioksida (NO_2) diantaranya terjadi ketika proses pembangkit listrik yang berbahan bakar batu bara, proses industri, penyulingan gasoline dan logam, dan pemasakan makanan pada rumah tangga (www.environment.gov.au, 2018).

Umunya waktu tinggal rata-rata gas Nitrogen dioksida (NO_2) di atmosfer berkisar antara 2 hingga 3 hari (Fardiaz, 2008). Di lingkup atmosfer, gas NO_2 akan mengalami siklus fotolitik yang meliputi gas NO_2 bersama dengan gas NO dan oksigen dengan bantuan sinar matahari. Siklus fotolitik ini dapat terganggu jika dalam proses tersebut terdapat gas Hidrokarbon (HC). Hidrokarbon (HC) akan bereaksi dengan atom oksigen sehingga membentuk radikal bebas Hidrokarbon yang sangat reaktif. Radikal bebas HC akan cepat bereaksi dengan gas Nitrogen Oksida sehingga konsentrasi NO_2 semakin meningkat. Selain itu, radikal bebas HC dapat bereaksi dengan O_2 dan NO_2 membentuk Peroxyl Acetyl Nitrates (PAN). Campuran antara PAN dengan ozon (O_3) dan karbonmonoksida (CO) akan membentuk kabut foto kimia (Wardhana, 2004).

Nitrogen dioksida (NO_2) yang bebas di udara dan terhirup oleh manusia dapat memberikan efek samping berupa kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi dengan atmosfer, zat ini membentuk partikel-partikel nitrat yang amat halus dan dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Disamping itu zat oksida ini jika bereaksi dengan asap kendaraan yang tidak terbakar dengan sempurna akan membentuk ozon rendah atau smog kabut berwarna coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia (Sugiarti, 2009).

Inhalasi NO_2 dapat memberikan efek samping berupa gangguan paru yang berefek pada sistem pernapasan sehingga dapat masuk ke dalam peredaran darah dan menimbulkan efek samping berupa rusaknya sistem tubuh lainnya. NO_2 memiliki karakteristik tidak mudah larut dalam air sehingga dapat mudah melewati trakea, bronkeolus, dan mencapai alveoli. Di dalam saluran pernapasan, Nitrogen dioksida (NO_2) akan terhidrolisis membentuk asam nitrit (HNO_2) dan asam nitrat (HNO_3) yang sifatnya merusak terutama sel mukosa pada permukaan saluran pernafasan. (Handayani, 2003).

Pajanan Nitrogen dioksida (NO_2) sangat memberikan efek samping bagi lingkungan terutama bagi sistem pernapasan manusia. Dalam beberapa laporan, pajanan NO_2 selama 30 menit hingga 24 jam akan membawa efek yang amat merugikan bagi system pernapasan manusia yaitu berupa inflamasi atau peradangan saluran napas. Beberapa studi menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara peningkatan konsentrasi NO_2 dengan peningkatan kunjungan ke dokter yang berkaitan dengan penyakit pernapasan terutama infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) dan asma (U.S. Environmental Protection Agency, 2010).

Efek samping paparan NO_2 ditentukan oleh volume konsentrasi saat pajanan serta lama pajanan. Dampak yang dapat terjadi akibat pajanan NO_2 meliputi asfiksi, batuk, edema paru, sianosis sesak, dan bronkiolitis obliterans. Disamping itu, pajanan NO_2 juga memberikan efek toksik langsung terhadap makrofag alveolar sehingga dapat mengurangi kemampuan fagosit dan aktivitas bakterisidal. Faktor ini dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya efek samping bagi tubuh seperti infeksi

bakteri pada saluran pernapasan. Paparan NO_2 juga menimbulkan gangguan kerusakan silia, sekresi mukus dan gangguan imunitas humoral (Handayani, 2003).

Di Negara-negara di benua Eropa dan wilayah Amerika Utara, pengukuran konsentrasi NO_2 yang dilakukan erat kaitanya dengan penurunan fungsi paru-paru. Disamping itu, inhalasi NO_2 dapat memicu terjadinya penyakit asma dan sehingga meningkatkan frekuensi infeksi saluran pernafasan namun infeksi tersebut bisa terjadi tergantung konsentrasi dan cara pemaparan. Paparan polutan NO_2 dengan tingkat konsentrasi tinggi dapat memberikan efek samping berupa edema atau pembengkakan paru hingga dapat menimbulkan kematian (WHO, 2005).

Nilai baku mutu gas Nitrogen dioksida (NO_2) dalam udara ambien berdasarkan yang telah ditetapkan WHO yaitu rata-rata per tahun $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan rata-rata per jam $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di Australia tingkat baku mutu Nitrogen dioksida (NO_2) dalam lingkup udara ambien yakni berkisar 0,12 ppm per jam dan 0,03 ppm untuk rata-rata per tahun (www.environment.gov.au), Sedangkan di Indonesia, baku mutu Nitrogen dioksida (NO_2) dalam lingkup udara ambien yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu sekitar $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2005).

Kondisi Nitrogen dioksida (NO_2) di Italia pada tahun 2005-2007 memiliki nilai sebesar $41.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan menurut data pengukuran di Brisbane, Australia, kadar nilai NO_2 per tahun dari tahun 1996-2004 yaitu sebesar 19.8 ppb. Berdasarkan pengukuran di 234 kota di Asia, konsentrasi NO_2 per tahunnya yaitu sekitar $30.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yang menunjukkan tren meningkat dari tahun 2002 hingga 2006 dan tren menurun di tahun 2007-2008. Kondisi NO_2 di Indonesia yaitu di Kota Bekasi

berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan oleh Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLH) Kota Bekasi nilai polutan NO_2 cenderung meningkat di setiap tahunnya. Pengukuran Nitrogen dioksida (NO_2) dengan titik sampel di Terminal Bekasi, konsentrasi NO_2 pada tahun 2009 berkisar $95,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada tahun 2010 sempat terjadi penurunan nilai polusi menjadi $55,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Disamping itu pada tahun 2011 terjadi peningkatan drastis nilai polusi menjadi $292,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CAI-Asia Factsheet, 2010).

3. Sulfur dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan salah satu bentuk polutan dari kelompok sulfur oksida (SO_x) bersama Sulfur trioksida (SO_3). Sulfur dioksida (SO_2) memiliki cirikhas berbau tajam dan tidak mudah terbakar di udara sedangkan Sulfur trioksida (SO_3) tidak tergolong dalam komponen yang reaktif di udara (Fardiaz, 1992). Sulfur dioksida (SO_2) berpotensi tinggi untuk berpindah ke tempat yang lebih jauh dengan radius lebih dari 500-1000 km dikarenakan waktu tinggalnya di atmosfer dalam beberapa hari. Faktor ini dapat memberikan efek berupa hujan asam regional bahkan dapat meluas ke negara lain. (CAI-Asia Factsheet, 2010).

Sulfur dioksida (SO_2) memiliki karakteristik yang khas yaitu berbau tajam dan tidak terbakar. Konsentrasi Sulfur dioksida (SO_2) di udara akan terdeteksi oleh indera penciuman manusia ketika konsentrasinya berkisar antara 0,3–1 ppm (Sugiarti, 2009). Emisi Sulfur dioksida (SO_2) terbentuk dari kandungan sulfur dalam bahan bakar. Kandungan sulfur dalam pelumas kendaraan, juga menjadi penyumbang terbentuknya Sulfur dioksida (SO_2). Struktur sulfur terbentuk pada ikatan aromatic dan alkyl.

Dalam proses pembakaran sulfur dioxide dan sulfur trioxide terbentuk dari reaksi :
 $S + O_2 = SO_2 = SO_2 + \frac{1}{2} O_2 = SO_3$. Kandungan SO_2 jika bereaksi di atmosfer akan membentuk zat asam. Pada tahun 1987 Badan WHO PBB menyatakan bahwa jumlah sulfur dioksida di udara telah mencapai ambang batas yang ditetapkan oleh WHO (www.who.org, 2018).

Secara alami Sulfur dioksida (SO_2) bersumber dari alga yang memproduksi dimetil sulfida, letusan vulkanik, dan proses dekomposisi pada tanah dan tumbuhan. (CAI-Asia Factsheet No 5, 2010). Sumber SO_2 yang bersumber dari aktivitas manusia diantaranya meliputi proses pembakaran di ruang tertutup maupun di ruang terbuka dan proses-proses dari mesin industri. Proses pembakaran yang dapat menghasilkan polutan SO_2 meliputi pembakaran dari mesin-mesin industri besar yang meliputi proses pembakaran batubara pada generator listrik (Fardiaz, 2008).

Sumber terbesar dari Sulfur dioksida (SO_2) yaitu berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil seperti pembangkit listrik (73%) dan kegiatan-kegiatan industri lainnya (20%) yang melibatkan proses pembakaran bahan bakar fosil (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Efek samping dari gas Sulfur dioksida (SO_2) bagi manusia yaitu iritasi saluran pernapasan atas atau yang sering disebut dengan (ISPA). Berdasarkan penelitian, diketahui bahwa iritasi saluran pernafasan dapat terjadi pada pajanan SO_2 dengan konsentrasi 5 ppm atau lebih bahkan pada kelompok rentan seperti anak-anak, manula dan lansia iritasi dapat terjadi pada konsentrasi 1 – 2 ppm (Fardiaz, 2008).

Senyawa Sulfur dioksida (SO_2) umumnya bersumber dari aktivitas manusia seperti aktivitas kendaraan bermotor dan proses industri. Proses pembakaran yang

dapat menghasilkan Sulfur dioksida (SO_2) diantaranya proses pembakaran dari mesin-mesin industri, proses pembakaran pada generator listrik yang menggunakan energi dari minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Proses industri yang menyumbang polutan Sulfur dioksida (SO_2) diantaranya industri pemurnian petroleum. Industri asam sulfat, industri peleburan baja, industri pertambangan gas alam dan minyak bumi, industri semen, industri pupuk dan industri-industri besar lainnya (Handayani, 2003).

Sulfur dioksida (SO_2) dapat memberikan efek samping pada sistem pernapasan dan fungsi paru-paru. Peradangan yang ditimbulkan oleh polutan Sulfur dioksida (SO_2) akan menimbulkan efek samping pada sistem pernafasan manusia berupa sekresi lendir yang berlebihan, batuk, peningkatan gejala asma dan bronkitis kronis sehingga membuat manusia lebih mudah mendapatkan infeksi pada saluran pernapasan. Menurut Kirk dan Othmer dalam Fardiaz (1992), konsentrasi SO_2 sebesar 8-12 ppm dapat memberikan efek samping berupa iritasi tenggorokan. Pada tingkat konsentrasi 20 ppm dapat menimbulkan iritasi mata dan batuk. SO_2 berbahaya bagi golongan rentan seperti penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernapasan dan kardiovaskular, orang tua dan manula. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif terhadap pajanan polutan SO_2 meskipun dengan tingkatan konsentrasi paparan yang tergolong rendah misalnya 0,2 ppm atau lebih (WHO, 2005).

Mekanisme paparan Sulfur dioksida (SO_2) ke tubuh manusia yaitu melalui inhalasi SO_2 sehingga dapat terabsorpsi di dalam hidung dan sebagian besar juga ke saluran pernapasan. Partikel sulfat dalam gas buang kendaraan bermotor berukuran

mikro partikel hingga nano partikel sehingga Partikel tersebut dapat dengan mudah masuk sampai ke dalam sistem paru paru terdalam yaitu alveoli dan bagian sempit lain dari paru-paru. Sulfur dioksida (SO_2) dapat menimbulkan iritasi bagi saluran pernapasan, pembengkakan membran mukosa sehingga dapat mempersempit aliran udara pada saluran pernapasan. Faktor ini akan menjadi lebih parah bagi kelompok rentan seperti penderita penyakit jantung, paru-paru, pada penderita lanjut usia dan manula. Disamping itu, Selain melalui proses inhalasi, polutan ini juga dapat memajan manusia melalui kulit dan mata terutama di pada kondisi yang lembab. Gejala dari iritasi kulit oleh SO_2 meliputi gatal, nyeri, ruam dan kulit menjadi kemerahan. Apabila polutan ini mengiritasi mata maka akan menimbulkan nyeri dan peradangan pada jaringan mata sehingga dapat berpotensi pada kebutaan (Satriyo, 2008).

Otot saluran pernapasan akan mengalami kejang jika terpapar oleh polutan SO_2 dan akan lebih parah berat apabila konsentrasi SO_2 lebih tinggi sementara suhu udara di lingkungan rendah. Apabila waktu paparan polutan SO_2 cukup lama dan dalam konsentrasi tinggi maka akan menimbulkan efek samping berupa peradangan pada selaput lendir yang disertai kelumpuhan sistem pernapasan, kerusakan jaringan epitel hingga akhirnya dapat menimbulkan kematian. Jika konsentrasi polutan SO_2 masih dikategorikan relatif rendah akan tetapi waktu pajanan pendek dan berulang-ulang, maka gas tersebut dapat memicu terjadinya kanker (Wardhana, 2004).

Nilai baku mutu Sulfur dioksida (SO_2) dalam udara ambien berdasarkan yang telah ditetapkan WHO berkisar antara rata-rata per 24 jam yakni $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan rata-rata per 1 jam $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Di Australia, batasan baku mutu Sulfur dioksida (SO_2)

dalam udara ambien yakni berkisar 0,20 ppm per jam atau 0,08 ppm per hari, dan 0,02 ppm per tahun (Department of the Environment and Heritage of Australia, 2004). Baku mutu SO₂ dalam udara ambien di Indonesia mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara yaitu 900 µg/m³ (Eka Satriani Sakti, 2012).

Menurut penelitian yang dilakukan, kadar Sulfur dioksida (SO₂) di Italia yaitu berkisar rata-rata 3,4 µg/m³ dari tahun 2005 hingga 2007. Sedangkan di Benua Australia, menurut penelitian yang dilakukan di Brisbane, kadar SO₂ rata-rata dari tahun 1996-2004 yaitu berkisar 5.4 ppb. SO₂ di Asia memang cenderung turun setiap tahunnya akan tetapi konsentrasinya masih melewati baku mutu yang ditetapkan WHO. Pada tahun 2008, rata-rata konsentrasi SO₂ di Asia sama dengan standar baku mutu WHO yaitu 20 µg/m³ (CAI-Asia Factsheet, 2010).

Sulfur dioksida (SO₂) berpotensi menyebar ke daerah lainya dengan lingkup pencemaran lebih lebih dari 500-1000 km. faktor ini dapat menimbulkan efek samping bagi lingkungan seperti dapat memicu terjadinya hujan asam regional bahkan dapat menyebrang ke negara lain. Hujan asam dapat mengakibatkan pengasaman pada badan air sehingga berdampak buruk bagi ekosistem air, disamping itu hujan asam juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman, warisan budaya, bangunan, dan material lainnya (<http://cleanairinitiative.org>, 2018).

4. Kebisingan

Kebisingan atau polusi suara dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu manusia. Sehingga kecil atau lembut suara yang

terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka akan disebut kebisingan (Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1996). Dalam pengukuran tingkat kebisingan, terdapat tiga patokan karakter yang ditunjukkan dalam skala A, B, dan C. Skala A mewakili batasan pendengaran manusia dan respons telinga terhadap kebisingan, termasuk kebisingan akibat lalu lintas, serta kebisingan yang dapat menimbulkan gangguan pendengaran. Terpaparnya kebisingan dalam jangka waktu yang lama akan mengakibatkan rusaknya sistem pendengaran diantaranya infeksi telinga bagian luar dan dalam. Pemerintah Republik Indonesia, melalui Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Kep.48/MENLH/XI/1996, tanggal 25 November 1996, ambang batas tingkat kebisingan untuk daerah pemukiman maksimum untuk outdoor yaitu sebesar 55 dB (Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1996).

F. Efek Samping Pencemaran Udara

1. Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) merupakan penyakit infeksi yang umumnya kerap ditemui. Jenis-jenis dari infeksi ini diantaranya sinusitis, infeksi telinga, rhinitis, faringitis akut, laryngitis, dan epiglottitis. Umumnya mayoritas penyebab efek samping diantaranya virus yang akhirnya akan menimbulkan infeksi. Terjadinya Infeksi saluran pernapasan bawah (LRIs) dan umumnya kerap di dapati berupa bronkiolitis dan pneumonia. Faktor ini dapat diketahui dan dianalisa dari gejala yang ditimbulkan dari anak yang batuk dan ritme penarikan nafas yang berat dan dalam (Simoes, 2006).

Infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) merupakan salah satu faktor utama kematian balita di dunia dengan diagnosis yang tidak pasti. Berdasarkan Multiple Indicator Cluster Survey (MICS), ISPA diartikan sebagai suatu indikator penyebab penyakit dengan gejala batuk, bernapas pendek. ISPA dikategorikan menjadi Infeksi Saluran Pernapasan Atas dan infeksi saluran pernapasan bawah. Infeksi saluran pernapasan atas merupakan faktor yang paling umum terjadi. Infeksi saluran pernapasan atas meliputi sinusitis, infeksi telinga, epiglottitis, rhinitis, faringitis akut, dan laringitis. Mayoritas infeksi saluran pernapasan atas diakibatkan karna penyebaran virus yakni respiratory syncytial viruses (RSVs), influenza virus dan parainfluenza, adenoviruses, human metapneumovirus, corona viruses dan beberapa virus lainnya yang belum teridentifikasi. Infeksi saluran pernapasan bawah yang umumnya terjadi diantaranya bronkiolitis dan pneumonia (Eka Satriani Sakti, 2012).

Studi menunjukkan Pada tahun 2000, 1,9 juta anak meninggal dunia yang disebabkan karna penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Atas (ISPA) dengan jumlah lebih kurang 70% berasal dari Afrika dan Asia Tenggara (WHO, 2005). Prevalensi ISPA di Indonesia pada tahun 2007 yakni sekitar 25,5%. Prevalensi ISPA di daerah Jawa Barat mendekati prevalensi nasional yaitu 24,73%. Di kawasan Kota Bekasi, ISPA sudah umumnya menjadi salah satu penyakit yang tidak boleh dipandang sebelah mata dan perlu perhatian khusus dari pemerintah. Berdasarkan hasil rekapan data mengenai jumlah kasus ISPA yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kota Bekasi, diketahui bahwa jumlah kasus ISPA pada tahun 2007 yakni 32.069 kasus. Pada tahun 2009 hingga 2010 jumlah kasus ISPA mengalami peningkatan cukup drastis yaitu jadi 62.108 kasus menjadi 64.661 kasus (Eka Satriani Sakti, 2012).

Dari beberapa studi yang dilakukan di Salamanca, Meksiko diketahui bahwa terdapat sinkronisasi yang signifikan antara SO₂ dengan efek samping berupa gejala penyakit diantaranya pernapasan seperti Wheezing dan ISPA setiap kenaikan konsentrasi sebanyak 10 µg/m³. Sedangkan SO₂ terlihat signifikan bagi pengaruhnya terhadap penurunan fungsi saluran pernapasan (Linares et al, 2010).

1.1. Mekanisme Terjadinya ISPA dalam Tubuh Manusia

ISPA merupakan penyakit yang penularannya melalui udara atau dengan kata lain *air borne disease*. Agen penyebab ISPA diantaranya berupa virus, bakteri, maupun jamur masuk ke tubuh manusia melalui sistem pernafasan dengan perantara udara. Penyebab ini langsung masuk ke sistem pernapasan dan akan menimbulkan efek samping berupa iritasi dan infeksi. ISPA diakibatkan oleh agen utama yaitu mikroorganisme diantaranya virus, bakteri, dan jamur. Jenis mikroorganisme yang dapat menimbulkan ISPA diantaranya dari genus *Stafilococcus*, *Pneumococcus*, *Corynebakterium*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Haemophilus*, *Streptococcus*, *Bordetella*, dan *Chlamydia pneumoniae*. Umumnya bakteri dapat menimbulkan ISPA seperti pneumonia. Jenis virus yang dapat menimbulkan ISPA diantaranya Influenza virus, Coronavirus, *Mixoplasma*, Respiratory syncytial virus / RSVs, Adenovirus, Rhinovirus, Picornavirus, dan Herpesvirus. Jenis jamur yang dapat menimbulkan ISPA diantaranya *Candida albicans*, *Aspergillus sp*, dan *Histoplasma*. Umumnya virus dan jamur akan menimbulkan ISPA non pneumonia. Disamping itu, ada faktor-faktor yang mempengaruhi proses terjadinya ISPA seperti faktor jenis kelamin, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, riwayat kesehatan, umur, imunitas, status kesehatan

keluarga, status gizi, kondisi sosial ekonomi, status kesehatan individu, dan kondisi fisik rumah (Eka Satriani Sakti, 2012).

Ketika agen masuk ke sistem pernapasan maka secara otomatis rambut silia yang ada di sistem pernapasan akan mendorongnya ke arah faring. Namun jika faktor ini gagal maka agen tersebut akan tinggal di lapisan epitel dan lapisan mukosa saluran pernapasan. Iritasi yang di sebabkan karna agen pada kedua lapisan tersebut akan menimbulkan kerusakan pada lapisan dinding saluran pernapasan. Iritasi ini juga akan menimbulkan sekresi mukus melebihi kondisi normal sehingga akhirnya akan menimbulkan gejala batuk. Iritasi ini juga akan mengawali terjadinya infeksi bakteri patogen yang ada di saluran pernapasan diantaranya seperti Haemophylus influenza, Streptococcus pneumonia dan Staphylococcus. Bakteri tersebut langsung menyerang mukosa yang rusak sehingga semakin banyak sekresi mukus. Faktor ini dapat menghambat saluran pernafasan dan membuat batuk semakin banyak memproduksi dahak. Invasi bakteri ini pun dapat langsung menyerang saluran pernapasan bawah dan menginfeksi paru-paru sehingga menimbulkan pneumonia (Eka Satriani Sakti, 2012).

1.2. Diagnosa dan Cara Pengukuran

Infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) dapat dianalisis melalui gejala yang ditimbulkan seperti batuk yang disertai demam atau tanpa demam, hidung tersumbat atau berlendir, sakit pada bagian tenggorokan, atau gangguan telinga. Sedangkan gejala klinis dari infeksi saluran pernapasan bawah sama halnya seperti gejala pada

saluran pernapasan atas tetapi ditambah dengan gejala bernapas cepat dan berat (Ambrose, 2005).

1.3. Pengobatan dan Rehabilitasi

Pengobatan Infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) tergantung seberapa besar tingkat keparahan penyakitnya. Jika pneumonia berat maka perlu penanganan serius langsung oleh dokter dan diberikan oksigen, antibiotik parenteral, dan sebagainya. Untuk pneumonia langkah pengobatan yang dapat dilakukan dengan cara pemberian obat antibiotik kotrimoksazol peroral. Bila penderita tidak memungkinkan diberi antibiotik di atas maka dapat diberikan obat antibiotik pengganti yaitu ampisilin amoksisilin, atau penisilin prokain (Eka Satriani Sakti, 2012).

Jika bukan disebabkan karna pneumonia maka tidak perlu diberikan antibiotik dan penanganan langsung oleh dokter sehingga cukup diberikan perawatan di rumah. Untuk mengatasi demam dapat diatasi dengan diberikan parasetamol atau obat-obat tradisional lainnya. Untuk mengatasi batuk dapat diberikan obat batuk yang aman dengan ramuan tradisional. Disamping itu penanganan lebih lanjut juga dapat dilakukan dengan cara diberikan makanan bergizi untuk meningkatkan daya tahan tubuh. Penderita juga diberikan cairan lebih dari biasanya seperti memperbanyak air mineral, sari buah, dan lainnya. Faktor ini dilakukan untuk mengencerkan dahak dan membantu memulihkan dari kehilangan cairan (Eka Satriani Sakti, 2012).

Untuk mempercepat kesembuhan penderita, maka langkah maupun usaha yang dapat dilakukan dengan cara menjadikan lingkungan yang bersih dan kondusif, Ventilasi rumah yang cukup dan hindari asap dalam rumah. Jika penderita mengalami

demam maka tidak dianjurkan mengenakan pakaian atau selimut yang tebal dan rapat. Jika penderita mengalami pilek, maka saluran pernafasan seperti lubang hidung harus sering dibersihkan untuk mempercepat kesembuhan dan menghindari komplikasi. Jika selama perawatan di rumah keadaan penderita tidak mengalami kemajuan dalam artian sembuh maka dianjurkan untuk dibawa ke dokter (Rasmaliah, 2004).

2. Efek samping lainnya yang ditimbulkan dari pencemaran udara

Secara umum efek samping akibat polusi udara dapat dijelaskan sebagai berikut: (Chuang, 2007).

- a. Timbulnya reaksi radang pada paru.
- b. Terbentuknya radikal bebas oksidatif.
- c. Efek adjuvant (tidak secara langsung mengaktifkan sistem imun) terhadap sistem imunitas tubuh.
- d. Efek procoagulant yang dapat mengganggu sirkulasi darah dan memudahkan penyebaran polutan ke seluruh tubuh.
- e. Modifikasi ikatan kovalen terhadap protein penting intraselular seperti enzim-enzim yang bekerja dalam tubuh.
- f. Stimulasi sistem saraf otonom dan nosioreseptor yang mengatur kerja jantung dan saluran napas.

Gangguan kesehatan akibat pencemaran udara akan memberikan efek samping bagi kehidupan manusia baik secara jangka pendek maupun jangka panjang.

Gangguan Jangka Pendek antara lain: (Rastogi, Richa, 2009).

- a. Perawatan di rumah sakit, kunjungan ke UGD atau kunjungan rutin dokter, akibat penyakit yang terkait dengan pernapasan.
- b. Berkurangnya aktivitas harian akibat sakit.
- c. Gejala akut (batuk, sesak, infeksi saluran pernapasan).
- d. Jumlah absensi (pekerjaan ataupun sekolah).
- e. Perubahan fisiologis (seperti fungsi paru-paru dan tekanan darah).

Sedangkan gangguan kesehatan akibat polusi ini akan berpengaruh jangka panjang pada beberapa hal sebagai berikut: (Rob Beelen, 2008).

- a. Kematian seseorang karena penyakit pernapasan.
- b. Gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin
- c. Kanker.
- d. Meningkatnya masalah penyakit paru-paru kronik (asma atau penyakit paru obstruktif kronis).

Jenis polutan yang diproduksi dari emisi gas buang kendaraan bermotor dan gas buang industri antara lain Karbon Monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂) dan beberapa jenis polutan lainnya. Polutan tersebut merupakan senyawa toxic yang sangat beracun dan dapat memberikan dampak negatif bagi manusia (Agusnar H, 2007). Sumber gas karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂) dan nitrogen dioksida (NO₂) terjadi apabila terjadi pembakaran tidak sempurna pada bahan bakar organik seperti mesin pembakar internal bertenaga diesel dan minyak, pekerjaan peledakan dan tungku pembakaran. Polutan ini diserap tubuh melalui paru-paru. di dalam darah polutan akan berikatan dengan hemoglobin (sel

darah merah) membentuk karboksihemoglobin. jenis gas tersebut sangat berbahaya apabila mengendap di dalam tubuh dalam jangka waktu yang lama (Agusnar H, 2007).

Karbon monoksida (CO) terbentuk secara alami di dalam tubuh. Menurut *Encyclopedia of Occupational Health & Safety*, Kadar normal Karbon monoksida (CO) dalam darah adalah sampai 1% COHb pada bukan perokok dan 2-10% COHb pada perokok. Kadar CO dalam darah COHb 7% sudah memberikan pengaruh pusing-pusing, 45% mual-mual dan kemungkinan hilang kesadaran, kadar 60% menyebabkan koma dan 95% menyebabkan kematian (Rifaatul, 2010).

Paparan Nitrogen dioksida (NO_2) sangat memberikan dampak negatif bagi manusia terutama pada saluran pernapasan. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa pajanan Nitrogen dioksida (NO_2) selama 30 menit hingga 24 jam dapat memberikan efek bagi sistem pernapasan yaitu berupa peradangan atau inflamasi saluran napas pada golongan non rentan dan peningkatan gejala terjadi pada golongan rentan seperti penderita asma (<http://www.epa.gov>, 2018). Nitrogen dioksida (NO_2) dapat mengiritasi hidung dan tenggorokan, terutama pada orang dengan riwayat penyakit asma dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan. Nitrogen dioksida (NO_2) sangat reaktif dan telah dilaporkan menyebabkan pneumonia dan bronchitis dan juga dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernafasan.

Sifat racun (toksisitas) gas Nitrogen dioksida (NO_2) lebih kuat dibandingkan toksisitas gas Nitrit oksida (NO). Paru-paru merupakan organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas Nitrogen dioksida (NO_2). Kontaminasi gas Nitrogen dioksida (NO_2) akan menyebabkan paru-paru membengkak sehingga penderita kesulitan dalam bernafas dan dapat berujung kepada kematian. Udara yang

mengandung gas Nitrogen dioksida (NO_2) dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas Nitrogen dioksida (NO_2) berada pada konsentrasi tinggi. Gas Nitrogen dioksida (NO_2) dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf yang mengakibatkan kejang-kejang, apabila keracunan ini terus berlanjut maka dapat menyebabkan kelumpuhan (Wardana, 2001).

Pengaruh paparan Nitrogen dioksida (NO_2) ditentukan oleh konsentrasi saat pajanan, proses akut atau kronik serta lama proses pajanan. Efek samping yang dapat terjadi akibat pajanan Nitrogen dioksida (NO_2) dalam jangka panjang meliputi batuk, sesak, sianosis asfiksi, edema paru, dan bronkiolitis obliterans. Pajanan Nitrogen dioksida (NO_2) juga menimbulkan gangguan sekresi mukus, kerusakan silia dan gangguan imunitas humoral. Disamping itu, pajanan Nitrogen dioksida (NO_2) juga mempunyai efek toksik langsung terhadap makrofag alveolar sehingga mengurangi daya fagositosis tubuh. Faktor ini dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya infeksi bakteri pada saluran pernapasan (Handayani, 2003).

Paparan Sulfur dioksida (SO_2) dapat memberikan efek samping bagi sistem pernapasan dan fungsi paru-paru. Peradangan karna Sulfur dioksida (SO_2) akan memberikan efek samping berupa batuk, peningkatan gejala asma dan bronkitis kronis, sekresi lendir yang berlebihan, serta rentan terhadap infeksi pada saluran pernapasan (www.who.int, 2018). Fardiaz (1992), mengutarakan bahwa konsentrasi Sulfur dioksida (SO_2) sebesar 8-12 ppm dapat memberikan efek samping berupa iritasi tenggorokan. Pada konsentrasi 20 ppm dapat menyebabkan iritasi mata dan batuk. Sulfur dioksida (SO_2) berbahaya bagi golongan rentan seperti orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernapasan dan

kardiovaskular. Individu dengan gejala tersebut sangat sensitif terhadap paparan Sulfur dioksida (SO_2) meskipun dengan konsentrasi yang rendah misalnya 0,2 ppm atau lebih (Rifaatul, 2010).

Otot saluran pernapasan akan mengalami kejang jika dalam jangka waktu lama terpapar oleh polutan Sulfur dioksida (SO_2) dan kejang akan lebih berat jika konsentrasi Sulfur dioksida (SO_2) lebih tinggi. Jika waktu paparan Sulfur dioksida (SO_2) cukup lama pada konsentrasi tinggi maka akan terjadi peradangan pada selaput lendir yang diikuti oleh kerusakan jaringan epitel, kelumpuhan sistem pernapasan, dan akhirnya kematian. Jika konsentrasi SO_2 masih relatif rendah tetapi waktu pajanan pendek dan berulang-ulang, maka gas tersebut dapat memicu terjadinya kanker (Wardana, 2001).

Efek samping yang ditimbulkan dari kebisingan ternyata sangat merugikan terutama bagi manusia (Sugiarti, 2009). Pencemaran karna kebisingan lama-kelamaan akan menyebabkan penyakit pendengaran diantaranya infeksi telinga bagian luar dan dalam, Tinnitus, hingga dapat menyebabkan ketulian dan dalam beberapa kasus pada kondisi kronis dapat menyebabkan kematian (Fardiaz, 2008).

G. Pengendalian Pencemaran udara

Untuk mendapatkan udara ambien yang berkualitas maka perlunya dilakukan pengendalian pencemaran udara (pengendalian polusi). Upaya untuk mereduksi emisi kendaraan bermotor dan gas buang industri membutuhkan pendekatan sistem, yang mana dapat dilakukan pengukuran kualitas udara pada titik maupun lokasi yang dianggap dan diprediksi dapat membahayakan kualitas udara. Sehingga kelestarian

dan kesehatan lingkungan dapat terjaga (Storch, 2001). Cara umum yang dapat dilakukan untuk proses pengendalian polusi yaitu dengan melakukan pemantauan serta mengukur kualitas udara. Pengukuran kualitas udara ambien dilakukan di kawasan kawasan padat lalu lintas, kawasan padat penduduk dan kawasan industri, dimana pada kawasan tersebut banyak terjadinya aktifitas yang dapat meningkatkan nilai polusi (Taher, 2015).

Baku mutu udara ambien merupakan ukuran batas kadar zat, energi dan komponen yang ada atau yang seharusnya ada yang tenggang keberadaannya dalam udara ambien. Udara yang melampaui baku mutu dapat merusak ekosistem sekitarnya dan besar potensi akan mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya (Taher, 2015). Dalam Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, menyebutkan bahwa, unsur-unsur polutan berbahaya yang masuk ke dalam atmosfer dapat berupa CO (Karbonmonoksida), NO₂ (Nitrogen dioksida), SO₂ (Sulfur dioksida), dan lain-lain (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1999).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

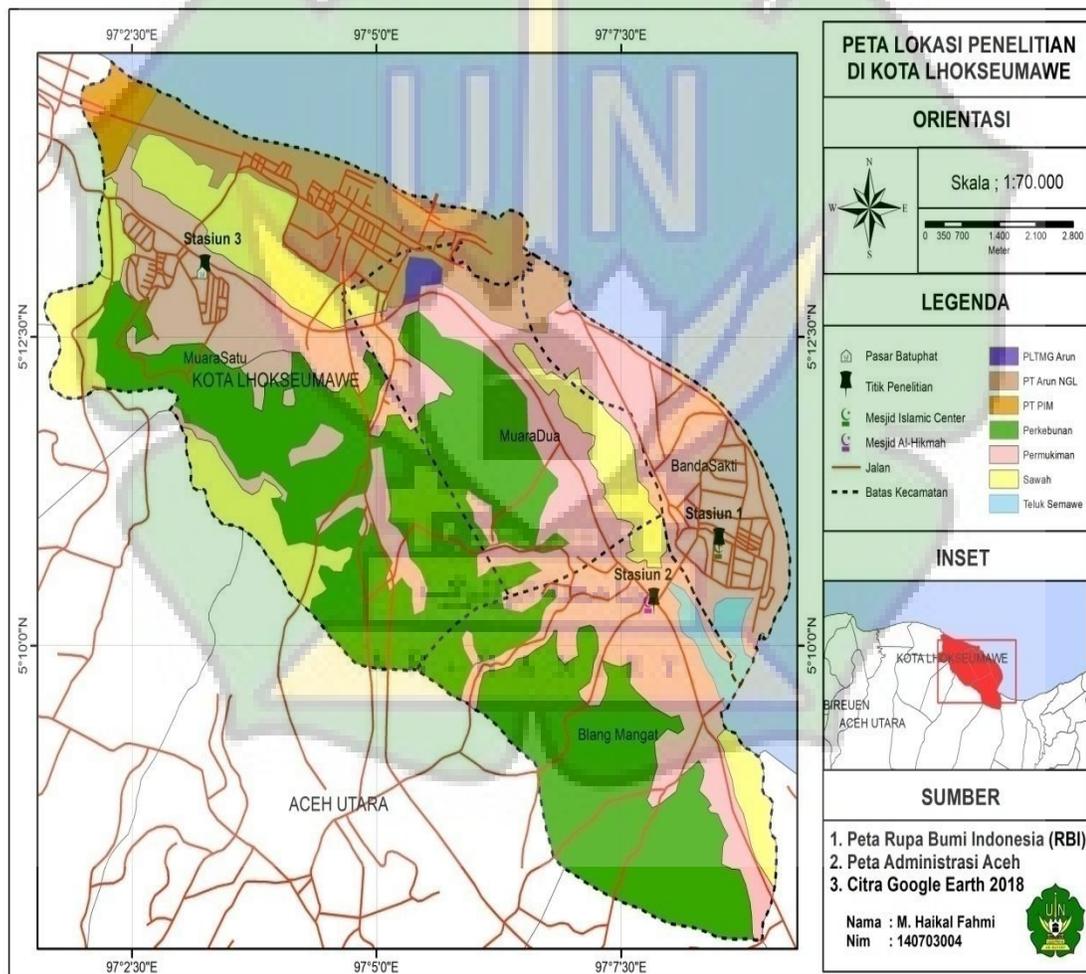
Lokasi pengambilan sampel udara ambien dilakukan di tiga stasiun berbeda dalam Kecamatan Banda Sakti, Kecamatan Muara Satu dan Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe. Sedangkan Tahap identifikasi sampel udara ambien dilakukan di Laboratorium Terpadu Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Lhokseumawe. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni – November 2018.

Penentuan stasiun pengambilan sampel didasari kepada perbedaan tipologi daerah yang berbeda, kawasan yang kerap dikunjungi masyarakat yang berdomisili di Kota Lhokseumawe, lokasi strategis, jumlah masyarakat yang mendomisili kawasan tersebut, kawasan yang kerap dilalui kendaraan bermotor serta kawasan aktif bagi kegiatan industri baik industri skala kecil, menengah, maupun skala besar, yaitu sebagai berikut :

1. Stasiun 1 berada di Masjid Islamic Center Kota Lhokseumawe. Stasiun 1 merupakan sentral peribadatan bagi masyarakat yang berdomisili di seputran Kota Lhokseumawe. Stasiun 1 di dominasi oleh perkantoran, pertokoan, industri skala kecil, dan berdekatan dengan jalan utama Kota Lhokseumawe.
2. Stasiun 2 berada di Masjid Al-Hikmah, Cunda Kota Lhokseumawe. Stasiun 2 merupakan sentral peribadatan bagi masyarakat yang berdomisili di seputran Kota Lhokseumawe. Stasiun 2 di dominasi oleh Pertokoan,

pemukiman penduduk dan berdekatan dengan jalan nasional Medan – Banda Aceh.

3. Stasiun 3 berada di Pasar Batuphat Kota Lhokseumawe. Stasiun 3 Berdekatan dengan PT Arun Liquefied Natural Gas (LNG), PT Pupuk Iskandar Muda (PIM) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Arun. Stasiun 3 di dominasi oleh pemukiman penduduk, industri skala besar serta berdekatan dengan jalan nasional Medan – Banda Aceh.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian Di Kota Lhokseumawe

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi GPS yang berfungsi menandai lokasi koordinat pengambilan contoh sampel udara ambien, *Sound Level Meter* untuk mengukur tingkat kebisingan dan *IBRID MX6* Untuk mengukur kadar Nitrogen Dioksida (NO₂), Karbon Monoksida (CO) dan Sulfur Dioksida (SO₂).



a. GPS b. Sound Level Meter c. IBRID MX6

Gambar 3.2 Alat yang digunakan selama penelitian.

Tabel 3.1 Parameter dan metode uji kualitas udara ambien dalam penelitian ini

| No | Kode | Metode Uji | Satuan | Waktu Pengukuran |
|----|--------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| 1 | Nitrogen dioksida (NO ₂) | IBRID MX6 | µg/Nm ³ | 60 Menit |
| 2 | Karbon monoksida (CO) | IBRID MX6 | µg/Nm ³ | 60 Menit |
| 3 | Sulfur dioksida (SO ₂) | IBRID MX6 | µg/Nm ³ | 60 Menit |
| 4 | Kebisingan | Sound Level Meter | dB | 60 Menit |

C. Prosedur Pengumpulan Data

Pengambilan sampel udara ambien dengan mendatangi langsung stasiun pengambilan sampel. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak lima kali. Pengambilan sampel dilakukan selama satu jam (60 Menit) pada pukul 08.00 – 09.00 WIB, 12.00 – 13.00 WIB, dan 16.00 – 17.00 WIB. Hal ini dikarenakan waktu tersebut merupakan waktu aktif bagi kegiatan perindustri dan perkantoran. Data yang diperoleh pada tiap stasiun di analisis di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe. Data sekunder yang diamati dalam penelitian ini meliputi, jumlah kendaraan, jumlah industri besar, jumlah penduduk serta data laporan tahunan pemantauan kualitas udara di Kota Lhokseumawe tahun 2014, 2016 dan 2018.

D. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan nilai parameter yang diperoleh dengan nilai baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia yaitu :

1. UURI (Undang-Undang Republik Indonesia) Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
3. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan.

Tabel 3.2 Lampiran Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999
tentang Pengendalian Pencemaran Udara Tanggal : 26 mei 1999.

| BAKU MUTU NASIONAL UDARA AMBIEN | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|
| No | Parameter | Waktu Pengukuran | Baku Mutu |
| 1 | SO ₂ (Sulfur Dioksida) | 1 Jam 24 Jam 1 Thn | 900 ug/Nm ³ 365 ug/Nm ³ 60 ug/Nm ³ |
| 2 | CO (Karbon Monoksida) | 1 Jam 24 Jam 1 Thn | 30.000 ug/Nm ³ 10.000 ug/Nm ³ |
| 3 | NO ₂ (Nitrogen Dioksida) | 1 Jam 24 Jam 1 Thn | 400 ug/Nm ³ 150 ug/Nm ³ 100 ug/Nm ³ |
| 4 | O ₃ (Oksidan) | 1 Jam 1 Thn | 235 ug/Nm ³ 50 ug/Nm ³ |
| 5 | HC (Hidro Karbon) | 3 Jam | 160 ug/Nm ³ |
| 6 | PM ₁₀ (Partikel < 10 um) | 24 Jam | 150 ug/Nm ³ |
| 7 | PM _{2.5} | 24 Jam 1 Jam | 65 ug/Nm ³ 15 ug/Nm ³ |
| 8 | TSP (Debu) | 24 Jam 1 Jam | 230 ug/Nm ³ 90 ug/Nm ³ |
| 9 | Pb (Timah Hitam) | 24 Jam 1 Jam | 2 ug/Nm ³ 1 ug/Nm ³ |
| 10 | Dustfall (Debu Jatuh) | 30 Hari | 10 Ton/Km ² /Bulan (Pemukiman) 20 Ton/Km ² /Bulan (Industri) |
| 11 | Total Fluorides (as F) | 24 Jam 90 Hari | 3 ug/Nm ³ 0,5 ug/Nm ³ |
| 12 | Fluor Indeks | 30 Hari | 40 ug/100 cm ² dari kertas limed filter |
| 13 | Khlorine dan Khlorine Dioksida | 24 Jam | 150 ug/Nm ³ |
| 14 | Sulphat Indeks | 30 Hari | 1 mg SO ₃ /100 cm ³ Dari Lead Peroksida |

Tabel 3.3 Lampiran Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun
1996 Tanggal : 25 November 1996

| BAKU MUTU TINGKAT KEBISINGAN | |
|---|---------------------------|
| Peruntukan Kawasan /Lingkungan Kegiatan | Tingkat kebisingan dB (A) |
| a. Peruntukan Kawasan | |
| 1. Perumahan dan Pemukiman | 55 |
| 2. Perdagangan dan Jasa | 70 |
| 3. Perkantoran dan Perdagangan | 65 |
| 4. Ruang Terbuka Hijau | 50 |
| 5. Industri | 70 |
| 6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum | 60 |
| 7. Rekreasi | 70 |
| 8. Khusus | |
| - Pelabuhan Laut | 70 |
| - Cagar Budaya | 60 |
| - Bandara Penerbangan | 70 |
| - Stasiun Kereta Api | 70 |

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara Ambien

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di lingkup udara ambien diantaranya :

1. Pertumbuhan penduduk
2. Kendaraan bermotor
3. Industri besar

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Profil Kualitas Udara Ambien

Berdasarkan hasil pengujian kualitas udara ambien pada ketiga stasiun pengamatan, diketahui bahwa nilai NO_2 , CO, SO_2 dan kebisingan terus meningkat dari tahun 2014 sampai 2018. Adapun nilai keseluruhan beban polutan di Kota Lhokseumawe yang telah di kumpulkan dari seluruh stasiun pengamatan yaitu NO_2 sebesar $566,52 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, CO sebesar $47.465 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, SO_2 sebesar $950,39 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan kebisingan sebesar $950.39 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 nilai NO_2 , CO, SO_2 per stasiun pengamatan masih di bawah baku mutu yang di tetapkan. Sedangkan nilai kebisingan per stasiun pengamatan sudah berada di atas baku mutu yang di tetapkan. Pada stasiun satu nilai NO_2 meningkat sebesar $46,66 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dari tahun 2014 sampai tahun 2018 akhir, sedangkan untuk parameter CO, SO_2 dan Kebisingan masing-masing meningkat sebesar $2.542 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, $78,6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan 3,70 dB (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Kandungan NO_2 , CO, SO_2 dan Kebisingan di Masjid Islamic Center, Kecamatan Banda Sakti, Kota Lhokseumawe (Stasiun 1).

| No | Parameter Uji | Satuan | Tahun | | | | Baku Mutu ^c |
|----|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | 2014 ^a | 2016 ^a | 2018 ^a | 2018 ^b (Akhir) | |
| 1 | NO_2 | $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ | 127 | 144 | 155 | 173,66 | 400 |
| 2 | CO | $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ | 12.897 | 13.062 | 14.682 | 15.439 | 30.000 |

| | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 3 | SO ₂ | µg/Nm ³ | 218 | 230 | 251 | 296,6 | 900 |
| 4 | Kebisingan | dB | 69,54 | 71,01 | 71,74 | 73,24 | 55 |

Keterangan : a : Hasil pengukuran Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe. b : Data hasil penelitian. c : Baku mutu didasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 1996.

Pada stasiun dua, peningkatan nilai NO₂ dan kebisingan dari tahun 2014 hingga 2018 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan stasiun satu yaitu sebesar 53,26 µg/Nm³ dan 4,02 dB, sebaliknya nilai yang lebih rendah ditunjukkan pada parameter CO dan SO₂ yaitu 1.590 µg/Nm³ dan 73,26 µg/Nm³ (Tabel 4.2). Peningkatan NO₂ dan kebisingan pada stasiun tiga dari tahun 2014 hingga 2018 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dua stasiun sebelumnya yaitu sebesar 89,06 µg/Nm³ dan 6,32 dB. Meskipun demikian itu hasil yang lebih rendah ditunjukkan pada parameter CO yaitu 1.330 µg/Nm³. Adapun nilai SO₂ pada stasiun tiga berada diantara stasiun satu dan stasiun dua yaitu 59,53 µg/Nm³ (Tabel 4.3).

Tabel 4.2 Kandungan NO₂, CO, SO₂, dan Kebisingan di Masjid Al-Hikmah, Cunda, Kecamatan Muara Dua, Kota Lhokseumawe (Stasiun 2).

| No | Parameter Uji | Satuan | Tahun | | | | Baku Mutu ^c |
|----|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|
| | | | 2014 ^a | 2016 ^a | 2018 ^a | 2018 ^b (Akhir) | |
| 1 | NO ₂ | µg/Nm ³ | 107 | 113 | 123 | 160,26 | 400 |
| 2 | CO | µg/Nm ³ | 13.963 | 14.297 | 14.684 | 15.553 | 30.000 |
| 3 | SO ₂ | µg/Nm ³ | 257 | 289 | 304 | 330,26 | 900 |
| 4 | Kebisingan | dB | 69,18 | 70,14 | 70,86 | 73,20 | 55 |

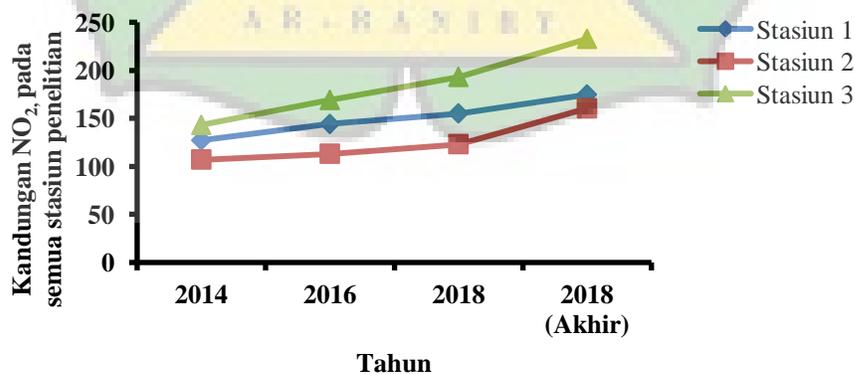
Keterangan : a : Hasil pengukuran Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe. b : Data hasil penelitian. c : Baku mutu didasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 1996.

Tabel 4.3 Kandungan NO₂, CO, SO₂, dan Kebisingan di Pasar Batuphat, Kecamatan Muara Satu, Kota Lhokseumawe (Stasiun 3).

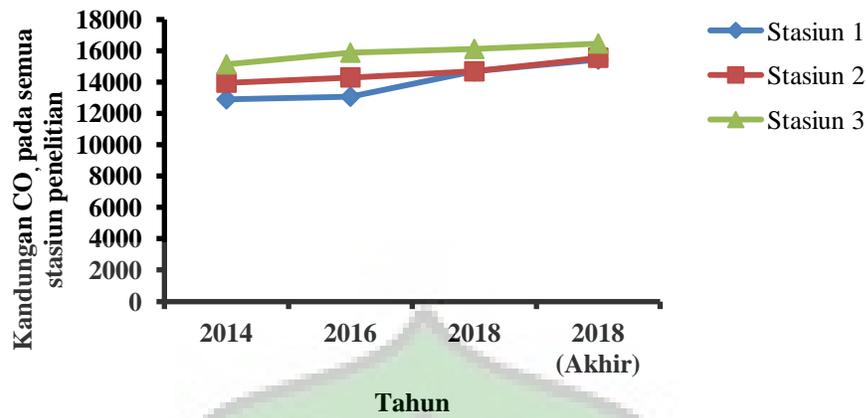
| No | Parameter Uji | Satuan | Tahun | | | | Baku Mutu ^c |
|----|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| | | | 2014 ^a | 2016 ^a | 2018 ^a | 2018 ^b (Akhir) | |
| 1 | NO ₂ | µg/Nm ³ | 143 | 169 | 193 | 232,6 | 400 |
| 2 | CO | µg/Nm ³ | 15.134 | 15.875 | 16.117 | 16.464 | 30.000 |
| 3 | SO ₂ | µg/Nm ³ | 264 | 297 | 310 | 323,53 | 900 |
| 4 | Kebisingan | dB | 69,35 | 69,86 | 71,85 | 75,67 | 55 |

Keterangan : a : Hasil pengukuran Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe. b : Data hasil penelitian. c : Baku mutu didasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 1996.

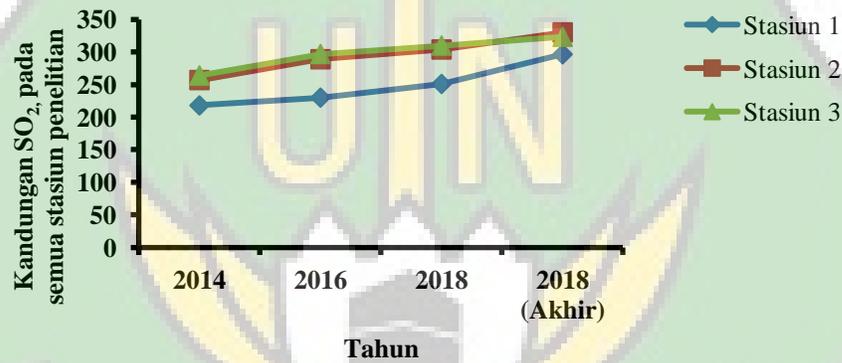
Adapun peningkatan nilai NO₂, CO, SO₂, dan Kebisingan pada semua stasiun penelitian dapat dilihat pada grafik yang tertera dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik peningkatan nilai NO₂ pada semua stasiun penelitian



Gambar 4.2 Grafik peningkatan nilai CO pada semua stasiun penelitian



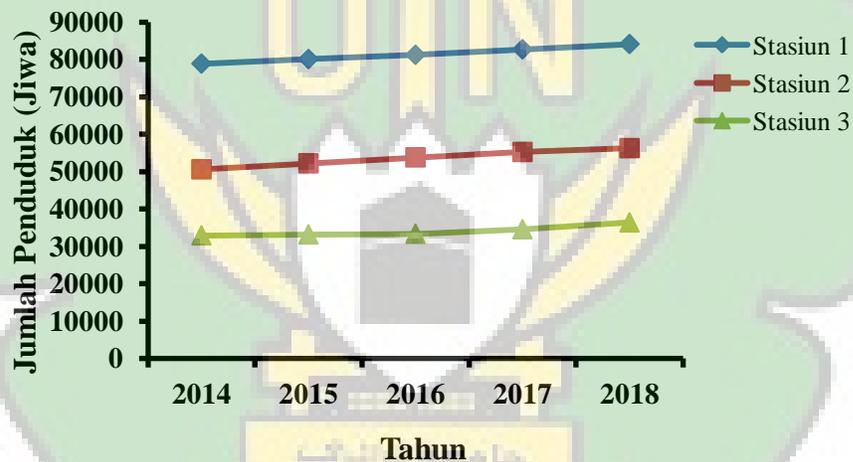
Gambar 4.3 Grafik peningkatan nilai SO₂ pada semua stasiun penelitian



Gambar 4.4 Grafik peningkatan nilai kebisingan pada semua stasiun penelitian

2. Pertumbuhan Penduduk, Kendaraan Bermotor dan Industri Besar di Stasiun Penelitian

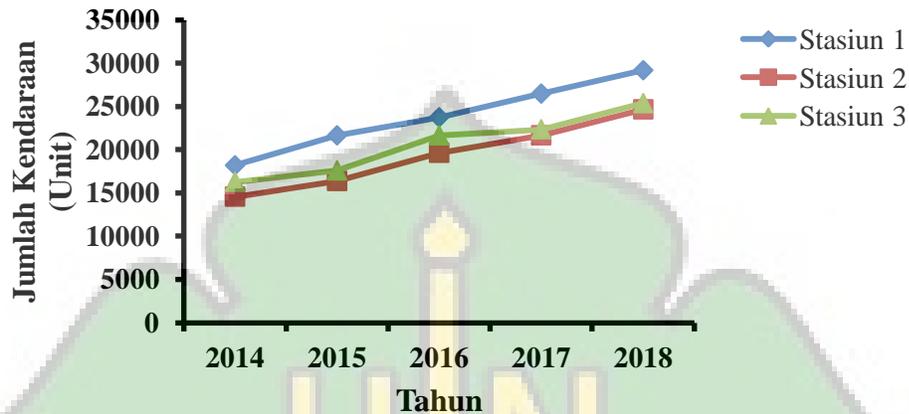
Jumlah penduduk tertinggi terdapat pada stasiun satu yaitu sebesar 84.074 jiwa, sedangkan jumlah penduduk terendah terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar 36.375 jiwa. Ditinjau dari segi kecepatan pertumbuhan penduduk, stasiun dua memiliki laju pertumbuhan penduduk yang lebih tinggi dibanding dua stasiun sebelumnya yaitu sebesar 5.661 jiwa (kurun waktu 2014 sampai 2018), sedangkan laju pertumbuhan penduduk terendah terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar 3.458 jiwa (kurun waktu 2014 sampai 2018) (Gambar 4.5).



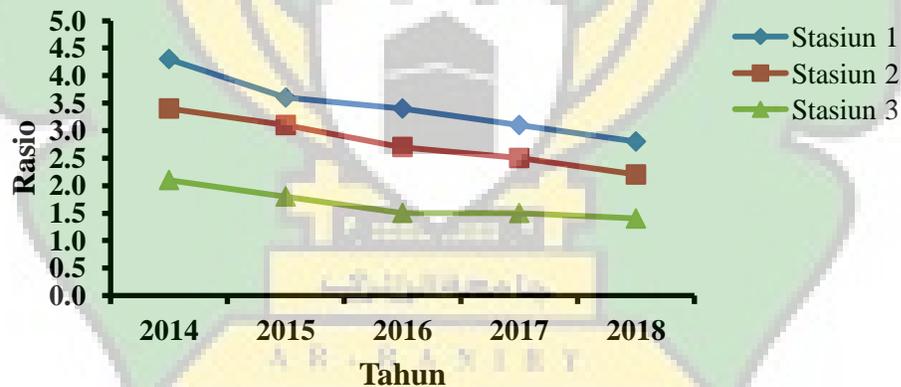
Gambar 4.5 Grafik pertumbuhan penduduk pada stasiun penelitian

Dilihat dari sisi jumlah kendaraan, stasiun satu memiliki jumlah kendaraan bermotor tertinggi dibandingkan dua stasiun sebelumnya yaitu sebesar 29.172 unit, sedangkan jumlah kendaraan bermotor terendah terdapat pada stasiun dua yaitu sebesar 24.653 unit. Dari segi kecepatan pertumbuhan kendaraan bermotor, stasiun satu memiliki laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang paling tinggi yaitu sebesar

10.989 unit (kurun waktu 2014 sampai 2018), sedangkan laju pertumbuhan kendaraan bermotor terendah terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar 9.095 unit (kurun waktu 2014 sampai 2018) (Gambar 4.6).



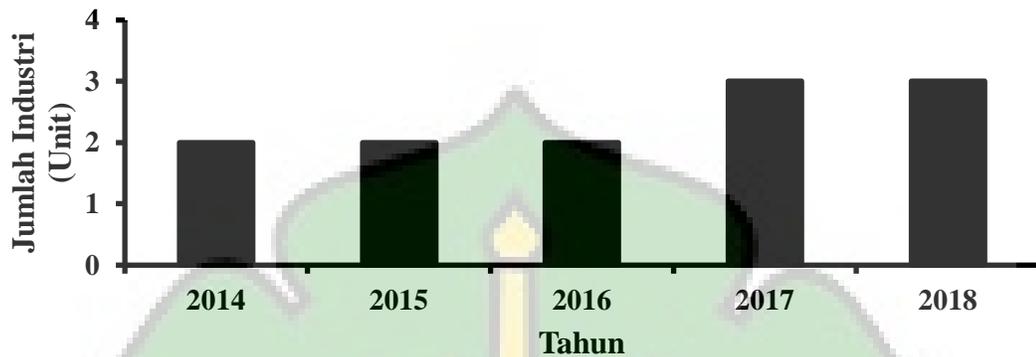
Gambar 4.6 Grafik Jumlah Kendaraan Bermotor pertahun Pada Stasiun Penelitian



Gambar 4.7 Rasio kendaraan bermotor dan jumlah penduduk pertahun pada stasiun penelitian

Rasio kendaraan bermotor dari tahun 2014 sampai tahun 2018 semakin mengecil artinya jumlah penduduk yang memiliki kendaraan bermotor semakin meningkat. Rasio terbesar terdapat pada stasiun 3 yaitu 1,4 artinya setiap 1,4 jiwa

memiliki satu kendaraan bermotor, sedangkan rasio terkecil terdapat pada stasiun 2 dengan rasio 2,3 artinya setiap 2,3 jiwa memiliki satu kendaraan bermotor (Gambar 4.7).



Gambar 4.8 Grafik Jumlah Industri Besar Pada Stasiun 3

Industri besar hanya terdapat pada Stasiun tiga dengan jumlah sebanyak tiga industri di tahun 2018 yang terdiri dari PT Arun Liquefied Natural Gas (LNG), PT Pupuk Iskandar Muda (PIM) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Arun. Industri Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Arun mulai beroperasi sejak tahun 2017, sedangkan 2 industri lainnya telah beroperasi sejak tahun 2014 (Gambar 4.8).

B. Pembahasan

Menurut Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup No 21 Tahun 2008 pemantauan kualitas udara penting dilakukan sebagai konsekuensi bagi masyarakat, industri besar, kegiatan yang mengemisikan pencemar udara serta memprediksi dampak pencemaran emisi udara ke lingkungan. Pemantauan kualitas udara terutama

udara ambien diperlukan untuk menjalankan peraturan yang telah ditetapkan Negara Kesatuan Republik Indonesia (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup) (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2008).

Menurut Soedomo (2001), efek samping yang disebabkan emisi gas buang kendaraan bermotor ini sangat berbahaya bagi manusia seperti dapat mengganggu sistem pernapasan, menyebabkan kanker, merusakkan sistem syaraf, dan berbagai penyakit lainnya (Soedomo, 2001). Menurut Budiyono (2001), pada konsentrasi tertentu zat pencemar di udara dapat berdampak langsung terhadap kesehatan manusia baik secara akut, atau kronis dengan gejala yang samar dimulai dari iritasi mata, alergi kulit, iritasi saluran pernapasan, sampai dengan timbulnya kanker paru. Toksik bahan oksidan dapat mengiritasi mukosa saluran pernapasan yang berakibat pada peningkatan insiden penyakit saluran pernapasan kronik yang nonspesifik seperti asma dan bronchitis (Budiyono, Afif, 2001).

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan gas yang memiliki ciri khas berwarna kuning pucat dan menimbulkan bau yang menyengat. Emisi gas nitrogen dioksida (NO_2) bersumber dari kegiatan industri dan kendaraan bermotor (Martono, Sulistiyani, 2004). Gas NO_2 dapat menimbulkan efek samping berupa iritasi pada saluran pernapasan bahkan sampai ke tingkat kronis serta dapat mengganggu jarak pandang (Martono, Sulistiyani, 2004). Nilai NO_2 di semua stasiun penelitian menunjukkan tren meningkat akan tetapi nilai yang didapat masih dibawah baku mutu yang ditetapkan. Dibandingkan dengan hasil pengukuran NO_2 di lima kota metropolitan Indonesia (Jakarta, Bandung, Medan, Surabaya dan Semarang) nilai

NO₂ di Kota Lhokseumawe masih lebih rendah (prabhandhari, 2014). Peningkatan nilai NO₂ tertinggi terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar 89,6 µg/Nm³ dalam kurun waktu empat tahun. Berdasarkan nilai yang di dapat dapat diprediksikan bahwa, apabila tidak dilakukan penanganan maka dalam kurun waktu 7,5 tahun kedepan nilai NO₂ akan melampaui baku mutu.

Karbon monoksida (CO) merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau, dan bersifat toxic. Umumnya CO bersumber dari kegiatan transportasi terutama hasil pembakaran tidak sempurna. CO biasanya bercampur dengan jenis gas lainnya yang berbau sehingga dapat terhirup tanpa disadari (Occupational Safety & Health Administration, 2002). CO memiliki afinitas terhadap hemoglobin 250 - 300 kali lebih kuat daripada afinitas oksigen, CO akan membentuk suatu ikatan karboksihemoglobin, sehingga berimbas kepada distribusi oksigen ke seluruh jaringan tubuh (Anggraini, 1994). Paparan CO dalam konsentrasi tinggi pada manusia dapat menyebabkan sesak nafas hingga kematian (Fardiaz, 2008). Nilai CO menunjukkan tren meningkat akan tetapi nilai yang didapat masih dibawah baku mutu yang ditetapkan. Dibandingkan dengan hasil pengukuran CO di lima kota metropolitan Indonesia (Jakarta, Bandung, Medan, Surabaya dan Semarang) nilai CO di Kota Lhokseumawe lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang ada di lima kota metropolitan tersebut (Prabhandhari, 2014). Peningkatan nilai CO tertinggi terdapat pada stasiun satu yaitu sebesar 2.542 µg/Nm³ dalam kurun waktu empat tahun. Berdasarkan nilai yang di dapat dapat diprediksikan bahwa, apabila tidak dilakukan penanganan maka dalam kurun waktu 22,9 tahun kedepan nilai CO akan melampaui baku mutu.

Sulfur dioksida (SO_2) merupakan gas dengan karakteristik tidak berwarna dan menghasilkan bau yang tajam. SO_2 terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur. Sulfur terdapat dalam hampir semua material bahan bakar fosil (Cahyono, 2011). Pengaruh SO_2 bagi manusia yaitu iritasi saluran pernapasan, iritasi mata, kesulitan bernafas, bahkan kematian (Fardiaz, 2008). Pengaruh SO_2 bagi lingkungan akan menyebabkan hujan asam. Adanya hujan asam akan menurunkan pH air turun, sehingga ekosistem air terganggu (Denman, Brasseur, 2007). Nilai SO_2 menunjukkan tren meningkat akan tetapi nilai yang didapat masih dibawah baku mutu yang ditetapkan. Dibandingkan dengan hasil pengukuran SO_2 di lima kota metropolitan Indonesia (Jakarta, Bandung, Medan, Surabaya dan Semarang) nilai SO_2 di Kota Lhokseumawe lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang ada di lima kota metropolitan tersebut (Prabhandhari, 2014). Peningkatan nilai SO_2 tertinggi terdapat pada stasiun satu yaitu sebesar $78,6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dalam kurun waktu empat tahun. Berdasarkan nilai yang di dapat dapat diprediksikan bahwa, apabila tidak dilakukan penanganan maka dalam kurun waktu 30,7 tahun kedepan nilai SO_2 akan melampaui baku mutu.

Kebisingan merupakan bunyi yang terdiri dari sejumlah frekuensi dengan tingkat bunyi yang berbeda-beda. Penyumbang terbesar kebisingan bersumber dari kegiatan transportasi dan kegiatan industri (Tambunan, 2005). Pengaruh kebisingan dapat memberikan efek samping berupa gangguan yang berpotensi mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan. Paparan kebisingan pada waktu yang lama dengan konsentrasi paparan tinggi akan memberikan risiko kerusakan pendengaran. (Sasongko, Subagyo, 2000). Penelitian yang dilakukan Setiya dkk, (2016)

menjelaskan bahwa kebisingan berpengaruh terhadap kenyamanan belajar siswa (Rahayu, 2016). Nilai kebisingan menunjukkan tren meningkat dan telah melewati baku mutu yang ditetapkan. Menurut Ikron (2005) dalam Hidayat (2012), nilai kebisingan antara 55-65 dB dapat berpengaruh terhadap kenyamanan melakukan aktivitas ibadah di dalam mesjid seperti seperti terganggunya kekhusyukan dan kenyamanan solat dan berdoa serta berpengaruh besar terhadap aktivitas agama lainnya yang dilakukan di dalam tempat ibadah. Kebisingan juga berpengaruh terhadap gangguan psikologis seperti stress, hilangnya konsentrasi, dan gangguan lainnya (Hidayat, Purwanto, 2012).

Meningkatnya kandungan NO_2 , CO , SO_2 , dan Kebisingan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor dan jumlah industri besar yang ada pada stasiun penelitian. Jumlah penduduk tertinggi terdapat pada stasiun satu, sedangkan kecepatan pertumbuhan penduduk tertinggi terdapat pada stasiun dua. Menurut Gatot (2006), faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan penduduk antara lain daerah yang produktif, pusat pemerintahan, tersedianya sarana prasarana yang memadai seperti sarana pendidikan, transportasi dan komunikasi, hiburan dan penerangan (Suhardi, 2009). Sedangkan faktor penyebab tingginya pertumbuhan penduduk pada stasiun dua disebabkan karena lokasi strategis, angka kelahiran tinggi serta kesempatan lapangan kerja yang lebih baik. Aktivitas penduduk juga menjadi salah satu faktor penyumbang polusi yang ada di dalam udara ambien. Menurut Mayasari (2014), aktivitas penduduk yang dapat meningkatkan nilai polusi udara diantaranya seperti pembakaran sampah, memasak menggunakan kayu bakar, membuka lahan pertanian baru dengan cara membakar

hutan, suara bising dikarenakan aktivitas adat dan budaya seperti kenduri walimah yang menggunakan *sound system*, serta suara bising dari aktivitas bengkel (Mayasari, 2014).

Ditinjau dari profil Kendaraan bermotor, jumlah pertumbuhan kendaraan bermotor tertinggi juga terdapat pada stasiun satu. Tingginya jumlah kendaraan bermotor pada stasiun satu berperan besar meningkatkan nilai CO dan SO₂. Menurut Wardhana (2004) perkiraan presentase pencemar udara terbesar dari sumber transportasi adalah gas CO yaitu sebesar 70,50%. Sebagian besar gas CO bersumber dari proses pembakaran bahan bakar fosil (Wardana, 2001). Fardiaz (1992) dalam Wardhana (2004), juga menyatakan konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor. Semakin tinggi jumlah kendaraan bermotor, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara (Wardana, 2001). Menurut Wiharja (2002), Gas SO₂ merupakan polutan yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti kendaraan bermotor (Wiharja, 2002). Industri pada stasiun tiga terus meningkat dari tahun 2014 hingga 2018 berdampak pada tingginya Nilai NO₂. Menurut (Mukono, 2008) Bahan pencemar yang dikeluarkan oleh aktivitas industri yaitu gas NO₂ (Mukono, 2008). Sekitar 80% NO₂ dihasilkan dari proses industri dan kendaraan bermotor (The Ministry for the Environment (MfE), 2009). Disamping itu sumber utama nitrogen dioksida dihasilkan dari aktivitas manusia yaitu dari proses pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak).

Upaya meminimalisir polusi udara dapat dilakukan dengan cara mempertimbangkan dampak dari 5 determinan, diantaranya kepadatan penduduk,

teknologi, pendapatan per kapita, faktor *endowment*, seperti cuaca, geografi, sumberdaya serta tingkat kebijakan lingkungan (Zuhri, 1851). Lim, (1997) dalam Van (2002) menyatakan bahwa kualitas lingkungan ditentukan oleh 3 (tiga) faktor utama, yaitu penduduk, teknologi, dan konsumsi (Lim, Jaekyu, 1997). Upaya lainnya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir nilai polusi dengan cara melakukan pengujian emisi secara berkala terhadap kendaraan bermotor, melakukan sosialisasi terkait dampak pencemaran udara dan pengelolaan ruang terbuka hijau (RTH) (Tokan, 2015).



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh di penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Nilai NO_2 , CO dan SO_2 pada semua stasiun pengamatan masih di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999. Nilai NO_2 tertinggi terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar $232,6 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, nilai CO tertinggi terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar $16.464 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan nilai SO_2 tertinggi terdapat pada stasiun dua yaitu sebesar $330,26 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sedangkan nilai kebisingan pada semua stasiun pengamatan sudah diatas baku mutu yang ditetapkan pemerintah melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 1996. Nilai kebisingan tertinggi terdapat pada stasiun tiga yaitu sebesar $75,67 \text{ dB}$.
2. Peningkatan nilai NO_2 , CO, SO_2 dan kebisingan pada semua stasiun pengamatan berhubungan erat dengan peningkatan jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor dan industri yang ada di stasiun pengamatan.

B. Saran

Perlu adanya pemantauan kualitas udara secara rutin oleh pemerintah Kota Madya Lhokseumawe disamping itu Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tingkat pencemaran udara di Kota Lhokseumawe yang mana tingkat

pencemaran di Kota Lhokseumawe semakin hari semakin maningkat. Upaya untuk mengurangi tingkat pencemaran perlu dilakukan oleh pemerintah Kota Madya Lhokseumawe dengan cara menambah ruang terbuka hijau di lingkup kawasan Kota Lhokseumawe disamping itu angkutan kota dalam kawasan kota lhokseumawe perlu diperbanyak sehingga dapat meminimalisir tingkat polusi udara di lingkup kawasan Kota Lhokseumawe.



DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Afif Budiyo. 2005. *Pengkajian Ozon dan Polusi Udara, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim LAPAN*. Bandung: Media grafika.
- Agusnar, H. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan: USU Press.
- Akdemir, Andac. 2014. *The Creation of Pollution Mapping and Measurement of Ambien Concentration of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide with Passive Sampler*. Journal of Environmental Health Science and Engineering Vol. 1, No. 2, Hal: 111.
- Anggraini. 1994. *Masalah Ruang Terbuka Hijau di Kota, Studi Kasus: Jakarta*. Jurnal Teknologi dan Permukiman. Vol. 4, No. 2, Hal: 27.
- Ambrose. 2005. *Relationship Between Indoor Air Pollution and Acute Respiratory Infections Among Children in Uganda*. Diunduh dari <http://users.ictp.it> pada November 2018.
- Arya, W. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Azmi, R. 2010. *Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor*. Medan: USU Press.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL). 1999. Jakarta: Catatan Kursus pengelolaan Kualitas Udara.
- Budiyo, Afif. 2001. *Pengaruh Pencemaran Udara serta Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan*. Jurnal Berita Dirgantara Vol. 2, No. 1, Hal: 54.
- BBTKL dan PPM. 2009. *Situasi Kecenderungan Parameter Pencemar Lingkungan dan Risiko Gangguan Kesehatan di Kota Surabaya Tahun 2006–2008*. Surabaya: Absolute grafika.
- CAI-Asia. 2010. *Factsheet No. 4 – Sulfur dioxide (SO₂) Standards in Asia. Pasig City, Philippines*. diunduh dari <http://cleanairinitiative.org> pada 17 oktober 2018.
- Cahyono. 2011. *Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia*. Jurnal Dirgantara. Vol. 12, No. 4, Hal: 132-137.
- Chuang. 2007. *Coumarin induces cell cycle arrest and apoptosis in human cervical cancer HeLa cells through a mitochondria-and caspase-3 dependent*

mechanism and NF- κ B down-regulation. Journal In Vivo. Vol. 2, No. 1, Hal: 1003-1010.

- Chandra, budiman. 2007. *Pengantar kesehatan lingkungan*. Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC.
- Christian ACT. 2015. *Pengendalian Pencemaran Udara Melalui Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Hukum Universitas Atma Jaya.
- Denman, Brasseur. 2007. *Coupling between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Resport of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. UK : Cambridge press.
- Dian N,W. 2012. *Gambaran dan Analisis risiko Nitrogen Dioksida (NO₂) per-Kota/Kabupaten dan Provinsi di Indonesia (Hasil Pemantauan Kualitas Udara Ambien Dengan Metode Pasif di Puserpedal Tahun 2011)*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat.
- Diah, P. 2014. *Analisis Status Kualitas Udara Lima Kota Metropolitan di Indonesia*, Skripsi. Bogor: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe, Laporan pemantauan kualitas udara, Tahun 2018.
- Djajadiningrat S.t, Amir, H.H. 1991. *Penilaian Secara Cepat Sumber-Sumber Pencemaran Air, Tanah dan Udara*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Eka Satriani Sakti. 2012. *Tinjauan tentang kualitas udara ambien (NO₂, SO₂, Total Suspended Particulate) terhadap kejadian ispa di kota bekasi tahun 2004-2011*. Skripsi. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.
- Fardiaz. 2008. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gatot Suhardi. 2009. *Analisis Kepadatan Pendudukdi Kecamatan Delanggu Kabupaten Klaten Tahun 2006*. Skripsi. Surakarta: Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah.
- Giddings. 1973. *Man and Environmental Change*. New York: Canfield Press.

- Handayani. 2003. *Pengaruh Inhalasi NO2 terhadap Kesehatan Paru*. Jurnal Cermin Dunia Kedokteran. Vol. 27, No. 3, Hal : 10-28.
- Hidayat, Purwanto. 2012. *Kajian Kebisingan Dan Persepsi Ketergangguan Masyarakat Akibat Penambangan Batu Andesit*. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol. 10, No. 2, Hal : 95-99.
- Idaho. 2008. Departement of Environmental Quality, Ground Level Ozone.
- Kanchan, A. K. Gorai, and P. Goyal. 2015. *A review on air quality indexing system* Asian Journal Atmos Environ. Vol. 9, No. 2, Hal. 101–113.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015. Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Indonesia.
- Kepmen LH No 45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). 1997. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2008 Tentang Keterbukaan Informasi Publik. 2008.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hhidup No. 02/Men-KLH/I/1988.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/MENKES/SK/XI/2002.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik indonesia Nomor 48 Tahun 1996, tentang Baku Tingkat Kebisingan.
- Lin Zhang. 2006. *Ozone-CO correlations determined by the TES satellite instrument in continental outflow regions*. *Geophysical Research Letters, Amerika*. Vol. 33, No. 10,.
- Lutgens. 1982. *The Atmosphere*. New Jersey : An Introduction to Meteorology. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs.
- Lhokseumawe Dalam Angka. 2018. dalam Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Lhokseumawe.
- Lhokseumawe kota bps. 2018. Pencemaran udara di Kota Lhokseumawe Berpotensi Mengganggu Kenyamanan, <https://lhokseumawekota.bps.go.id/site/pilihdata.html> diakses : 14 Juli 2018.
- Linares, et al. 2010. *Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study*. BMC Pulmonary Medicine.

- Martono, Sulistiyani. 2004. *Kondisi Pencemaran Gas Nitrogen Dioksida di Udara Jakarta pada Titik Nol Meter dan 120 Meter dari Jalan Raya*. Bul Penel. Kesehatan. Vol, 32. No, 1. Hal : 35-42.
- Mukono. 2008. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap. Gangguan Saluran Pernafasan* (Cetakan Ketiga). Surabaya : Airlangga, University Press.
- M Linster. 2003. *OECD Environmental Indicators : development, measurement and use,*” *SNUC - Sist. Nac. Unidades Conserv.* Vol. 25, No. 0, Hal. 37.
- Nahlah M, K. 2015. *Studi Tingkat Kualitas Udara Pada Kawasan Mall Panakukang di Makassar*. Skripsi. Makassar, Sulawesi Selatan: Program Studi Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Occupational Safety & Health Administration. 2002. *Carbon Monoxide Fact Sheet*. Washington (US): Department of Labor Occupational Safety & Health Administration.
- Onita Mayasari. 2014. *Hubungan Kerjasama Indonesia dengan Amerika Serikat Dalam Peningkatan Kualitas Udara dan Kesehatan Publik Jakarta*, JOM FISIP. Vol. 1, No. 2, Hal : 12-27.
- Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, no. 41. 1999, pp. 1–34.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di daerah. Indonesia, 2010.
- Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2014 tentang Rencana Kerja Pemerintah (RKP) Tahun 2015.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 21 Tahun 2008.
- Rastogi, Richa. 2009. *Apoptosis: molecular mechanism and pathogenicity. Experimentasl and Clinical*. Science Journal. Vol. 2, No. 3, Hal : 155:181.
- Rasmaliah. 2004. *Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) dan Penanggulangannya*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara diunduh dari <http://repository.usu.ac.id/> pada Oktober 2018.
- Rizki, T. 2015. *Pengelompokan kualitas udara ambien menurut kabupaten/kota di jawa tengah menggunakan analisis klaster*. Jurnal Gaussian, ISSN: 2339-2541 Vol. 4, No. 2, Hal : 393 – 402.

- Rozari. 1986. *Atmosfer*. Bogor : Bahan Kuliah Klimatology Dasar, Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB.
- Rob Beelen. 2008. *Long-Term Exposure to Traffic-Related*. Journal Epidemiology. Vol. 19, No. 5, Hal : 23-35.
- Satriyo. 2008. *Studi Kondisi Kimiawi Penyebaran Pb, Debu, dan Kebisingan di Kota Jakarta*. Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubhara Jaya Vol. 9, No. 2, diunduh dari <http://jurnal.pdii.lipi.go.id> pada November 2011.
- Sasongko, Subagyo. 2000. *Kebisingan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Schreiber, VA. 1996. *Synoptic Climatological Evaluation Of Surface Ozone Concentrations in Lancaster Country Pennsylvania*. Pennsylvania: Millersville University of Pennsylvania.
- Setiya R. 2016. *Pengaruh Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kenyamanan Siswa Saat Pembelajaran di Sekolah Kecamatan Bangil Kabupaten Pasuruan (studi kasus di smp negeri 3 Bangil dan Mts Negeri Bangil)*. jurnal pembelajaran fisika, Vol. 5, No. 4, Hal: 10-16.
- S. Gulia, S. M. Shiva Nagendra, M. Khare, and I. Khanna. 2015. "Urban air quality management-A review," Atmos. Pollut. Res., vol. 6, no. 2, pp. 286–304.
- Simoës. 2006. *Acute Respiratory Infections in Children*. diunduh dari <http://files.dcp2.org/pdf/DCP/DCP25.pdf> pada Oktober 2018.
- S Henne. 2007. *Representativeness and climatology of carbon monoxide and ozone at the global GAW station Mt. Kenya in equatorial Africa*. Atmospheric Chemistry and Physics Discussion, Switserland : 7, 17769–17824.
- Sugiarti. 2009. *Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*. Jurnal Chemica. Vol. 10, No. 1, Hal : 50-58.
- Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: Kep.48/MENLH/XI/1996, tanggal 25 November 1996.
- Storch, G. 2001. *Model in Environmental Research*. Berlin: Springer.
- Surat Keputusan Gubernur Provinsi Jawa Tengah No. 8 tahun 2001. tentang Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Provinsi Jawa Tengah.
- Soedomo. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: Penerbit ITB.

- Environment. Sumber-sumber polutan Nitrogen oksida. 2018. www.environment.gov.au/airpollution. diakses : 4 oktober, 2018.
- Soedomo, Moestikahadi. 2003. Kumpulan Karya Ilmiah : Pencemaran Udara. Bandung: ITB Press.
- Syaikhuddin M,Z. 2014. *Pengaruh Faktor-faktor Demografi Terhadap Emisi Udara di Indonesia*. Jurnal JIEP. Vol. 14, No. 2, ISSN (P) 1412-2200 E-ISSN 2548-1851, H. 47-63.
- Tambunan. 2005. *Kebisingan Di Tempat Kerja*. Yogyakarta : Andi.
- Tugaswati, A.T. 2007. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Jakarta : Gramedia.
- The Ministry for the Environment (MfE), air pollution, 2009. New Zealand.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2010, Nitrogen Dioxide, Diunduh dari <http://www.epa.gov>, pada oktober 2018.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), 2007, Monitored Natural Attenuation of Inorganic Contaminants in Ground Water, Volume 2: Assessment for non-Radionuclides Including, Arsenic, Cadmium, Chromium, Copper, Lead, Nickel, Nitrate, Perchlorate, and Selenium, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. EPA, Ohio.
- Wallace. 1977. *Amospheric Science and Introductory Survey*. London: Academic Press.
- Wardhana. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi.
- (WHO) World Health Organization, 2005, *Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*, Geneva: WHO press diunduh dari www.who.int pada Oktober 2018.
- Wiharja. 2002. *Identifikasi Kualitas Gas SO2 di Daerah Industri Pengecoran Logam Ceper*. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol. 3, No. 3, Hal : 251-255.

LAMPIRAN



Lampiran 1. (Pengamatan sampel parameter udara ambien di depan Mesjid Islamic Center Kota Lhokseumawe).



Lampiran 2. (Pengamatan sampel parameter udara ambien di depan Mesjid Al Hikmah, Cunda, Kota Lhokseumawe).



Lampiran 3. (Pengamatan sampel parameter udara ambien di Pasar Batuphat, Kota Lhokseumawe).



Lampiran 4. (Sosialisasi kepada masyarakat yang mendatangi stasiun penelitian).



Lampiran 5. (Sosialisasi kepada masyarakat yang mendatangi stasiun penelitian).



Lampiran 6. (Sosialisasi bersama anggota Polres serta pengurusan proses pengizinan penelitian di kawasan Kota Lhokseumawe).

RIWAYAT HIDUP PENULIS

1. Nama : Muhammad Haikal Fahmi
2. Tempat/Tanggal Lahir : Punteut 30 Juni 1996
3. Jenis Kelamin : Laki-laki
4. Agama : Islam
5. Kebangsaan : Indonesia
6. Alamat : Punteut, Kec Blang Mangat, Kota Lhokseumawe
7. Nama Orang Tua
 - a. Ayah : Drs. Anwar Abdullah. MA
 - b. Ibu : Tizalikha S.Ag
8. Alamat Orang Tua : Punteut, Kec Blang Mangat, Kota Lhokseumawe
9. Riwayat Pendidikan

| Jenjang | Nama Sekolah | Bidang Studi | Tempat | Tahun Ijazah |
|---------|-----------------|--------------|----------------------|--------------|
| SD | MIN Blang Jruen | - | Kecamatan Tanah Luas | 2008 |
| SLTP | MTsN Ulumuddin | - | Kota Lhokseumawe | 2011 |
| SLTA | MAS Ulumuddin | IPA | Kota Lhokseumawe | 2014 |

10. Karya Tulis

| No | Judul | Tahun | Penerbit |
|----|---|-------|-------------------------------|
| 1 | Filtrates of <i>Curcuma domestica</i> and Fruit Peel of <i>Syzygium cumini</i> as an Alternatif Colourant for Bone Preparations | 2016 | FMIPA Uiversitas Negeri Medan |

Banda Aceh, 1 Agustus 2019

Muhammad Haikal Fahmi