

**SKRIPSI**

**ANALISIS RISIKO PADA PEDAGANG KAKI LIMA AKIBAT PAJANAN  
GAS NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DAN KARBON MONOKSIDA (CO)  
DI SEKITAR KAWASAN GOR SUDIANG MAKASSAR**

**HASDAR  
K11171049**



*Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Kesehatan Masyarakat*

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS RISIKO PADA PEDAGANG KAKI LIMA AKIBAT PAJANAN  
GAS NITROGEN DIOKSIDA (NO<sub>2</sub>) DAN KARBON MONOKSIDA (CO)  
DI SEKITAR KAWASAN GOR SUDIANG MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**HASDAR**

**K011171049**


Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 12  
Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

  
Prof. Anwar, SKM., M.Sc., PhD  
NIP. 197408161999031002

  
Muh. Fajaruiddin Natsir, SKM., M.Kes  
NIP. 198902112015041002

Ketua Program Studi

  
Dr. Suriah, SKM., M.Kes  
NIP. 197405202002122001

### PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Kamis, Tanggal 12 Agustus 2021.

Ketua : Prof. Anwar, SKM., M.Sc., PhD

(.....)

Sekretaris : Muh. Fajaruddin Natsir, SKM., M.Kes

(.....)

Anggota :

1. dr. Makmur Selomo, MS

(.....)

2. A. Muflihah Darwis, SKM., M.Kes

(.....)

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasdar  
NIM : K011171049  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
Hp : 085255193782  
e-mail : hasdar251299@gmail.com

dengan ini menyatakan bahwa judul artikel “**Analisis Risiko Pada Pedagang Kaki Lima Akibat Paparan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar**” benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Agustus 2021

  
METRAI  
TEMPEL  
E4AJX395745764  
Hasdar

## RINGKASAN

Universitas Hasanuddin  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Kesehatan Lingkungan  
Makassar, Juli 2021

### Hasdar

### “Analisis Risiko pada Pedagang Kaki Lima akibat Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar”

(vii + 83 Halaman + 11 Tabel + 3 Gambar + 7 Lampiran)

Kawasan Gor Sudiang merupakan salah satu tempat yang banyak dipadati oleh pedagang kaki lima, letaknya yang berada di samping jalan membuat tempat ini dipadati akan kendaraan yang menyebabkan kemacetan dan tentu saja dapat meningkatkan pencemaran udara. Hal ini tentu membuat para pedagang kaki lima yang berjualan di pinggir jalan rentan terpapar paparan gas yang ditimbulkan oleh kendaraan yang melintas di area sekitar Gor Sudiang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar risiko Kesehatan pada pedagang kaki lima akibat paparan Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) di Sekitar kawasan Gor Sudiang Makassar. Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian kuantitatif dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dengan pendekatan *cross sectional study* dengan sampel sebanyak 51 pedagang kaki lima yang didapatkan melalui Teknik pengambilan sampel secara *purposive* sampling. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2021.

Adapun hasil penelitian yang didapatkan nilai rata-rata konsentrasi NO<sub>2</sub> sebesar 16,08 µg/Nm<sup>3</sup> pada sore hari dan 15,0933 µg/Nm<sup>3</sup> pada malam hari, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi CO 3.107 µg/Nm<sup>3</sup> pada sore hari dan 2.441,403 µg/Nm<sup>3</sup> pada malam hari. Nilai *Risk Quotient* (RQ) dan nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) tidak ada yang melebihi 1 sehingga risiko kesehatan pada pedagang akibat paparan NO<sub>2</sub> dan CO di sekitar kawasan Gor sudiang Makassar masih berada dalam kategori aman.

**Jumlah Pustaka** : 65

**Kata Kunci** : ARKL, NO<sub>2</sub>, CO, Pedagang Kaki Lima

## SUMMARY

Hasanuddin University  
Faculty of Public Health  
Environmental Health  
Makassar, July 2021

**Hasdar**

***“Risk Analysis on Street Vendors due to Exposure to Nitrogen Dioxide Gas (NO<sub>2</sub>) and Carbon Monoxide (CO) Around the Gor Sudiang Area, Makassar”***  
**(vii + 83 Pages + 11 Tables + 3 Images + 7 Attachments)**

*The Gor Sudiang area is one of the places that is crowded with street vendors, its location beside the road makes this place crowded with vehicles that cause congestion and of course can increase air pollution. This of course makes street vendors who sell on the roadside vulnerable to gas exposure caused by vehicles passing in the area around Gor Sudiang.*

*This study aims to determine the health risks of street vendors due to exposure to Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) and Carbon Monoxide (CO) around the Gor Sudiang area of Makassar. The type of research used is quantitative research with Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method with a cross sectional study approach with a sample of 51 street vendors obtained through purposive sampling technique. This research was conducted in June 2021.*

*The results of the study obtained that the average value of NO<sub>2</sub> concentration was 16.08 g/Nm<sup>3</sup> in the afternoon and 15.0933 g/Nm<sup>3</sup> at night, while the average value of CO concentration was 3,107 g/Nm<sup>3</sup> in the afternoon and 2,441.403 g/Nm<sup>3</sup> at night. The Risk Quotient (RQ) and Target Hazard Quotient (THQ) values do not exceed 1 so that the health risks to traders due to NO<sub>2</sub> and CO exposure around the Gor Sudiang Makassar area are still in the safe category.*

***Number of References*** : 65

***Keywords*** : ARKL, NO<sub>2</sub>, CO, Street vendors

## **KATA PENGANTAR**

*Bismillah, Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.* Alhamdulillah, rasa syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas berkah, rahmat dan karunia-Nyalah sehingga skripsi dengan judul “Analisis Risiko pada Pedagang Kaki Lima Akibat Paparan Gas Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar” dapat terselesaikan dengan baik. Salam serta sholawat semoga tetap tercurah kepada nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam beserta keluarga dan sahabatnya yang telah membawa kita ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Selama proses penyusunan skripsi ini tentunya tidak luput dari peran orang-orang tercinta maka pada kesempatan ini perkenankanlah saya menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada orang tua saya tercinta, Ayahanda Abbas dan Ibunda Halwiyah yang jasa-jasanya tidak akan pernah bisa terbalaskan oleh apapun, kepada kakak tercinta yang memotivasi penulis hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, penulis juga ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Anwar Mallongi S.KM., M.sc., Ph.D selaku dosen pembimbing I dan bapak Muh Fajaruddin Natsir, SKM, M.Kes selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan skripsi.
2. Bapak dr. Makmur Selomo, MS dan Ibu A. Muflihah Darwis, SKM., Mkes Sebagai dosen penguji, terima kasih atas masukan, kritik, dan sarannya untuk menyempurnakan skripsi ini.

3. Para dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah mendidik dan memberi ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
4. Para staf bagian akademik dan kemahasiswaan FKM Unhas yang sudah melancarkan penulis dalam setiap pengurusan berkas.
5. Para dosen dan staf Departemen Kesehatan Lingkungan yang telah membantu penulis dalam proses pendidikan.
6. Camat Kecamatan Biringkanaya beserta seluruh jajarannya yang telah memberikan izin dan bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
7. Petugas pengambil sampel dari BTKL PP Kelas 1 Makassar kak Taufik dan kak Rustam yang menemani penulis mengambil sampel dan memberi banyak pengalaman dan pelajaran berharga.
8. Terima kasih juga buat jakes, filza, dwivi yang sempat menemani menjaga alat saat penelitian, dan terkhusus buat jakes yang sudah sangat direpotkan dalam membantu mengerjakan skripsi ini.
9. Terima kasih juga buat teman-teman TUDE yang selalu menemani everyday dari jaman maba botak sampai jadi senior gondrong.
10. Keluarga Besar KM FKM Unhas yang menjadi rumah selama masih menjadi mahasiswa dan banyak belajar.
11. Teman-teman Kesling 2017 yang selalu bercanda ria, tempat berkeluh kesah terutama saat kerja laporan.
12. Teman-teman Relawan Bandara, terutama buat kak aldi dan kak uyun yang sudah mengajak kerja di bandara sembari mengurus skripsi.
13. Teman-teman REWA 2017, teman yang merasakan pahit dan manisnya selama mengikuti kepanitiaan.



14. Teman-teman PBL desa Lassang, terimakasih atas kenangan manisnya selama ber-PBL.
15. Dan kepada seluruh orang baik yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir mahasiswa strata satu.

Makassar, Juli 2021

Penulis

## **DAFTAR ISI**

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A.Latar Belakang .....	1
B.Rumusan Masalah .....	8
C.Tujuan Penelitian .....	9
D.Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>11</b>
A.Tinjauan Umum tentang Pedagang Kaki Lima.....	11
B.Tinjaun Umum tentang Pencemaran Udara .....	13
C.Tinjaun Umum tentang Nitrogen Dioksida.....	20
D.Tinjaun Umum tentang Karbon Monoksida .....	24
E. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan .....	31
F. Kerangka Teori.....	38
<b>BAB III KERANGKA KONSEP .....</b>	<b>40</b>
A.Dasar Pemikiran Variabel yang Diteliti .....	41
B.Kerangka Konsep .....	41
C.Definisi Operasional.....	43
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
A.Jenis dan Desain Penelitian .....	44
B.Lokasi dan Waktu Penelitian .....	48
C.Populasi dan Sampel .....	48

D.Instrumen Penelitian.....	49
E. Prosedur Pengambilan Sampel.....	50
F. Pengumpulan Data .....	53
G.Pengolahan dan Analisis Data.....	53
H.Penyajian Data .....	55
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>57</b>
A.Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	57
B. Hasil .....	59
C.Pembahasan.....	68
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>83</b>
A.Kesimpulan .....	83
B.Saran.....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sumber Pencemaran Gas Karbon Monoksida.....	29
<b>Tabel 2.2</b> Pengaruh Konsentrasi CO di udara dan pengaruhnya pada tubuh bila Kontak terjadi pada waktu yang lama .....	31
<b>Tabel 3.1</b> Definisi Operasional.....	42
<b>Tabel 5.1</b> Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Kelompok Umur pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Tahun 2021 ...	60
<b>Tabel 5.2</b> Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Tahun 2021 ...	60
<b>Tabel 5.3</b> Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Berat Badan pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Tahun 2021	61
<b>Tabel 5.4</b> Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Pola Aktivitas pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Tahun 2021 ...	62
<b>Tabel 5.5</b> Hasil Pengukuran Kadar NO <sub>2</sub> dan CO di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar Tahun 2021 .....	63
<b>Tabel 5.6</b> Volume Kendaraan di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar Tahun 2021 .....	64
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Perhitungan <i>Intake real time</i> NO <sub>2</sub> dan CO pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar Tahun 2021.....	65
<b>Tabel 5.8</b> Hasil Perhitungan <i>intake lifespan</i> pada Pedagang Kaki Lima di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar Tahun 2021.....	66

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Kerangka Teori .....	37
<b>Gambar 3.1</b> Kerangka Konsep.....	40
<b>Gambar 5.1</b> Peta titik pengambilan sampel.....	63

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Udara merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan, atmosfer sebagai sumber oksigen utama yang memungkinkan makhluk di muka bumi untuk bernapas dan hidup. Udara memiliki campuran mekanis dari bermacam-macam gas. Komposisi dari masing-masing unsur yang terdapat dalam udara baik bersih maupun kering, tersusun oleh Nitrogen ( $N_2$ ) 78.09%, Oksigen ( $O_2$ ) 21.94%, Argon (Ar) 0.93%, Karbondioksida ( $CO_2$ ) 0.032% dan gas-gas lainnya seperti gas-gas mulia, Nitrogen oksida (NO), Hidrogen ( $H_2$ ), Metana ( $CH_4$ ), Belerang dioksida ( $SO_2$ ), Ammonia ( $NH_3$ ). Udara juga mengandung uap air, debu, bakteri, spora serta sisa tumbuh-tumbuhan (Ahadiansyah, 2019).

Saat ini banyak kegiatan yang mengakibatkan perubahan terhadap penurunan kualitas udara. Kegiatan yang dimaksud seperti meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri. Pencemaran udara termasuk salah satu masalah lingkungan global yang menjadi pusat perhatian dunia saat ini, tidak terkecuali di Indonesia. Pencemaran udara terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang berdampak pada kenaikan aktivitas industri serta meningkatnya penggunaan alat transportasi di dunia. Penyebab lainnya adalah penggunaan produk-produk yang menyebabkan kandungan pencemar semakin bertambah (Pratiwi, 2020).

Di kota - kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60 - 70%. Sedangkan kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15%, sisanya berasal dari sumber pembakaran lain, misalnya dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain. Sebenarnya banyak polutan udara yang perlu diwaspadai, tetapi badan kesehatan dunia atau *World Health Organization* (WHO) menetapkan beberapa jenis polutan yang dianggap serius. Polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, tumbuhan serta mudah merusak harta benda adalah partikulat yang mengandung partikel aspa dan jelaga, hidrokarbon, sulfur dioksida, dan nitrogen oksida. Semuanya diemisikan oleh kendaraan bermotor (Digdhaya, 2020).

Menurut data *World Health Organization* (WHO) tingkat pencemaran udara tertinggi berada di Asia Tenggara dan China (Gesyan, 2019). WHO memperkirakan bahwa 70% penduduk kota di dunia pernah menghirup udara kotor akibat emisi kendaraan bermotor, sedangkan 10% sisanya menghirup udara yang bersifat marginal. Akibatnya fatal bagi bayi dan anak-anak. Orang dewasa yang beresiko tinggi, misalnya wanita hamil, usia lanjut, serta orang yang telah memiliki riwayat penyakit paru dan saluran pernapasan menahun. Fenomena tersebut terutama dirasakan di negara-negara berkembang seperti Indonesia sebagai dampak negatif dari pembangunan yang berorientasi pada pertumbuhan ekonomi (Huboyo dkk, 2016).

Penelitian terbaru yang dipublikasikan oleh WHO pada bulan Oktober 2018 dimana hasil penelitiannya yang mengatakan bahwa 9 dari 10 orang di

dunia menghirup udara tercemar setiap hari. Udara tercemar tersebut menjadi penyebab kematian sekitar 7 juta orang setiap tahunnya. Sekitar 33% kasus kematian stroke, kanker paru - paru dan penyakit jantung diakibatkan oleh polusi udara. Data lain menunjukkan bahwa 14% anak pada usia 5-18 tahun di seluruh dunia memiliki penyakit asma yang berhubungan dengan polusi udara. Setiap tahunnya, 543.000 anak berusia <5 tahun meninggal dunia akibat penyakit saluran pernapasan yang berkaitan dengan polusi udara (Prasetyo dkk, 2020).

Kementerian negara lingkungan hidup secara khusus memantau 11 kota besar di Indonesia dengan kualitas udara mengkhawatirkan yaitu Jakarta, Surabaya, Medan, Palembang, Semarang, Yogyakarta, Bogor, Denpasar, Bandung, Malang dan Makassar dengan melihat parameter pencemaran udara yang sebagian besar disebabkan oleh kendaraan bermotor, yang dimana kota-kota tersebut memiliki tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi. (Nurpratama, 2019).

Peningkatan kepadatan lalu lintas dan jumlah kendaraan mempunyai dampak selain kemacetan lalu lintas yaitu terjadinya pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi kendaraan (Tarigan, 2009). Perencanaan pola transportasi yang tidak memadai dalam hal prasarana maupun sistem lalu lintas yang disertai dengan kemacetan jalan, kecepatan aliran lalu lintas yang sering berhenti dan seterusnya akan secara langsung mengakibatkan polusi dari kendaraan tersebut.



Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Satria Nugroho (2009) terkait analisis kualitas udara, dimana hasil analisis data kualitas udara yang dilakukan dijumpai terdapat beberapa kali lonjakan pada parameter kimia tertentu. Hal ini dapat disebabkan oleh tingkat kepadatan lalu lintas yang terjadi pada lokasi pengukuran. Beberapa parameter kimia yang diukur dan dinilai menjadi ancaman yang berbahaya bagi makhluk hidup antara lain gas Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ), Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ), Karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ), dan Timah Hitam ( $\text{Pb}$ ).

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dkk (2020) terkait analisis risiko paparan konsentrasi  $\text{NO}_2$  pada pedagang pisang *epe* di Jalan Penghibur Kota Makassar didapatkan hasil bahwa konsentrasi rata-rata gas  $\text{NO}_2$  pada ruas jalan penghibur masih berada dibawah nilai baku mutu yang ditetapkan yaitu hanya sebesar  $24,06 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  pada sore hari dan  $26,38 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  pada malam hari. Tingkat Risiko (RQ) pada pedagang pisang *epe* di sepanjang Jalan penghibur Kota Makassar tidak ada yang melebihi 1. Kemudian, nilai *Target Hazard Quotient* Tingkat Risiko (RQ) juga terbilang aman karena tidak melebihi 1 sehingga tidak memiliki potensi risiko kesehatan.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Syaputri (2013) terhadap 70 Pedagang Kaki Lima (PKL) di Terminal Terpadu Amplas menyatakan bahwa dari 52 responden yang terpajan  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi  $\leq 57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 66,7% responden menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan dan dari 18 orang yang terpajan  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi  $> 57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 51,9% diantaranya menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan dan dari 18 orang

yang terpajan  $\text{NO}_2$  dengan konsentrasi  $>57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 51,9% diantaranya menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan. Penelitian juga dilakukan oleh Amaliana dkk (2016) terkait analisis risiko kesehatan lingkungan paparan nitrogen dioksida pada pedagang kaki lima di Terminal Pulogadung Jakarta Timur didapatkan hasil konsentrasi rata-rata  $\text{NO}_2$  di bawah baku mutu yaitu  $0,07141 \text{ mg}/\text{m}^3$ , namun didapatkan hasil sebanyak 12 orang (20%) pedagang kaki lima memiliki tingkat risiko di atas 1 pada RQ *realtime*. Sedangkan untuk RQ *lifetime* terdapat sebanyak 13 orang (21,7%) pedagang kaki lima yang memiliki tingkat risiko di atas 1.

Data dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar pada tahun 2016 yang melakukan pengukuran kualitas udara memperlihatkan bahwa nilai untuk kadar CO yang paling tinggi di kota Makassar berada di Jl. Letnan Hertasning Raya sebesar  $1148,54 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  pada pagi hari dan paling rendah berada di Jl. Penghibur lama sebesar  $579,64 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  pada siang hari (Wahyuni, 2018).

Setiap zat pencemar di udara memiliki nilai ambang batas yang apabila berlebih atau melewati ambang batas akan berdampak bagi manusia dan organisme lain. Seperti Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) yang merupakan gas yang berwarna merah keabu-abuan dan zat terpenting dalam udara tercemar. Reaksi NO dengan Oksigen akan meningkatkan  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_2$  bersifat racun terutama terhadap paru-paru. Pemajanan  $\text{NO}_2$  dalam kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas. Khusus untuk bayi dan anak-anak karena sempitnya saluran pernapasan dan kondisi

paru-paru yang sedang berkembang, maka saluran pernapasan bayi dan anak-anak tersebut sangat peka terhadap paparan gas NO<sub>2</sub> yang berkepanjangan (Nurpratama, 2019).

Selain zat NO<sub>2</sub> yang berbahaya bagi kesehatan, Keberadaan CO juga sangatlah berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas itu akan menggantikan posisi oksigen yang berkaitan dengan hemoglobin dalam darah. Karbon monoksida merupakan gas yang bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia. Zat gas CO ini akan mengganggu pengikatan oksigen pada darah karena CO lebih mudah terikat oleh darah dibandingkan dengan oksigen dan gas-gas lainnya. Pada kasus darah yang tercemar karbon monoksida dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian. Adapun yang paling beresiko keracunan CO adalah bayi dan anak dan mereka yang mengalami masalah kardiovaskular, perokok dan petugas pemadam kebakaran serta pengecat yang menggunakan cat yang mengandung metil klorida karena asapnya mudah diserap melalui paru-paru dan masuk ke peredaran darah (Kamal, 2015).

Makassar merupakan salah satu kota metropolitan terbesar dengan tingkat kemacetan dan jumlah kendaraan yang cukup banyak. Meningkatnya jumlah penduduk Kota Makassar tiap tahunnya berdampak terhadap peningkatan kebutuhan masyarakat pada sektor transportasi dimana terjadi peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Laju pertumbuhan kendaraan bermotor di Kota Makassar terbilang amat pesat. Tiap tahun terjadi penambahan puluhan ribu kendaraan bermotor. Berdasarkan data Samsat

Kota Makassar, jumlah kendaraan bermotor pada 2016 tercatat 1.425.151 unit atau bertambah 87.009 unit dibandingkan 2015. Adapun pada 2014 jumlah kendaraan bermotor di Kota Makassar baru berkisar 1.252.755 unit. Sedangkan pada juni 2017 angkanya menembus 1.463.056 unit. Kenaikannya lebih dari 100 persen dibandingkan data pada 2007 yang hanya 613.315 unit. Aktivitas transportasi yang tidak dikendalikan, terutama transportasi dengan kendaraan bermotor, dapat merugikan lingkungan dan ekosistem yang ada di dalamnya. Dampak negatif dari masalah sistem transportasi ini adalah tingginya kadar polutan akibat emisi (pelepasan) dari asap kendaraan bermotor (Kurniawan, 2017).

Kelurahan Sudiang Raya merupakan salah satu daerah langganan macet yang terletak di Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar yang luas wilayahnya +3,85 km<sup>2</sup>. Daerah sudiang merupakan wilayah yang sering mengalami kemacetan lalu lintas yaitu pada saat jam 07:00 dan 16:00. Kemacetan tidak dapat dihindari apalagi pada saat jam berangkat sekolah atau kerja. Terlebih lagi daerah Sudiang merupakan daerah pinggiran kota Makassar yang berbatasan langsung dengan Bandar Udara Sultan Hasanudin dan menjadi salah satu pusat keramaian oleh aktivitas-aktivitas misalnya aktivitas perkantoran, transportasi, pemukiman, perdagangan dan lain sebagainya yang seringkali pada saat-saat tertentu membuat lalu lintas macet.

Gelanggang Olahraga (Gor) Sudiang terletak di Jalan Pajjaiang Kelurahan Sudiang Raya Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar. Gor Sudiang menjadi salah satu pilihan bagi warga Makassar khususnya yang

berada di wilayah Biringkanaya dan sekitarnya untuk berolahraga. Selain tersedia fasilitas olahraga, di beberapa sisi lapangan khususnya di depan Gor Sudiang yang berdekatan dengan jalan raya terdapat banyak pedagang kaki lima yang berjualan berbagai macam kebutuhan rumah tangga dan aneka jajanan makanan lainnya yang dapat dinikmati. Karena letaknya yang berada di samping jalan yang padat akan kendaraan bermotor atau mobil menyebabkan kemacetan terutama pada saat hari libur dan tentu saja dapat meningkatkan pencemaran udara. Hal ini tentu membuat para pedagang kaki lima yang berjualan di pinggir jalan rentan terpapar pajanan gas yang ditimbulkan oleh kendaraan yang melintas di area Gor Sudiang. Berdasarkan hasil observasi, terdapat sekitar 80 pedagang yang berjualan di area luar Gor sudiang.

Keterpaparan terhadap gas emisi kendaraan bermotor secara terus menerus dapat membawa dampak buruk terhadap kesehatan para pedagang. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengetahui kategori risiko kesehatan yang ditanggung oleh para pedagang akibat terpapar gas  $\text{NO}_2$  dan CO. Sehingga peneliti mengambil penelitian yang berkaitan dengan pencemaran udara nitrogen dioksida dan karbon monoksida dengan judul “Analisis Risiko pada Pedagang Kaki Lima Akibat Pajanan Gas Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan Karbon Monoksida (CO) di Sekitar Kawasan Gor Sudiang Makassar”.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka penelitian ini merumuskan pertanyaan berikut, “Bagaimana besar risiko kesehatan pada pedagang kaki lima akibat paparan nitrogen dioksida dan karbon monoksida di sekitar kawasan Gor Sudiang Makassar ?”.

## C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

### 1. Tujuan Umum

Tujuan umum pada penelitian ini adalah untuk mengetahui besar risiko kesehatan pada pedagang kaki lima akibat paparan nitrogen dioksida dan karbon monoksida di sekitar kawasan Gor Sudiang Makassar.

### 2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui konsentrasi Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) di sekitar kawasan Gor Sudiang Makassar.
- b. Mengetahui konsentrasi Karbon Monoksida (CO) di sekitar kawasan Gor Sudiang Makassar.
- c. Menganalisis nilai *Risk Quotient* (RQ) akibat paparan Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan Karbon Monoksida (CO) pada pedagang kaki lima di sekitar kawasan gor Sudiang Makassar.
- d. Menganalisis nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) akibat paparan Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan Karbon Monoksida (CO) pada pedagang kaki lima di sekitar kawasan gor Sudiang Makassar.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Manfaat Ilmiah**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), penelitian terkait Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO).

##### **2. Manfaat bagi Instansi**

Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dan masukan tambahan bagi pemerintah setempat dalam memutuskan kebijakan dan regulasi terhadap upaya pencegahan terkait dampak yang ditimbulkan.

##### **3. Manfaat bagi Masyarakat**

Penelitian ini dapat memberi informasi sekaligus memperluas wawasan bagi masyarakat bagaimana dampak yang ditimbulkan dari pencemaran udara beresiko terhadap kesehatan..

##### **4. Manfaat bagi Peneliti**

Penyusunan penelitian ini hingga hasil penelitian menjadi pengalaman penting bagi peneliti. Peneliti mendapatkan tambahan wawasan dan juga tambahan serta berkesempatan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh studi di Program Studi Kesehatan Masyarakat Departemen Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum tentang Pedagang Kaki Lima**

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 125 Tahun 2012 tentang Koordinasi Penataan dan Pemberdayaan Pedagang Kaki Lima, Pedagang Kaki Lima yang selanjutnya disingkat PKL adalah pelaku usaha yang melakukan usaha perdagangan dengan menggunakan sarana usaha bergerak maupun tidak bergerak, menggunakan prasarana kota, fasilitas sosial, fasilitas umum, lahan dan bangunan milik pemerintah dan/atau swasta yang bersifat sementara/tidak menetap.

Pedagang kaki lima adalah pedagang-pedagang golongan ekonomi lemah, yang berjualan barang kebutuhan sehari-hari, makanan atau jasa dengan modal yang relatif kecil, modal sendiri atau modal orang lain, baik berjualan di tempat terlarang ataupun tidak. Adapun ciri-ciri pedagang kaki lima ialah: 1) Kegiatan usaha, tidak terorganisir secara baik, 2) Tidak memiliki surat izin usaha, 3) Tidak teratur dalam kegiatan usaha, baik ditinjau dari tempat usaha maupun jam kerja, 4) Bergerombol di trotoar, atau di tepi-tepi jalan protokol, di pusat-pusat dimana banyak orang ramai, 5) Menjajakan barang dagangannya sambil berteriak, kadang-kadang berlari mendekati konsumen (Achmad, 2018).

Berdasarkan sifat pelayanannya, PKL dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu:



### 1. Pedagang menetap

Pedagang menetap adalah suatu bentuk layanan yang mempunyai cara atau sifat menetap pada suatu lokasi tertentu. Dalam hal ini setiap pembeli atau konsumen harus datang sendiri ke tempat pedagang dimana ia berada. Sarana fisik berdagang dengan sifat seperti ini biasanya berupa kios atau jongko/roda/kereta beratap.

Pedagang semi menetap merupakan suatu bentuk layanan pedagang yang mempunyai sifat menetap yang sementara, yaitu hanya pada saat-saat tertentu saja. Dalam hal ini PKL akan menetap bila ada kemungkinan datangnya pembeli yang cukup besar. Biasanya pada saat bubar bioskop, para pegawai masuk/keluar kantor atau saat ramainya pengunjung di pusat kota. Apabila tidak ada kemungkinan pembeli yang cukup besar, maka pedagang tersebut berkeliling. Dengan kata lain ciri utama PKL yang memilih pola pelayanan seperti ini adalah adanya pergerakan PKL yang menetap pada suatu lokasi pada periode tertentu, setelah waktu berjualan selesai (pada sore atau malam hari). Adapun sarana fisik yang dipergunakan untuk berdagang berupa kios beroda, jongko atau roda/kereta beratap.

### 2. Pedagang keliling

Pedagang keliling adalah pedagang yang biasa mengejar konsumen, biasanya pedagang ini menggunakan gerobak kecil atau menggunakan tanggungan. Pedagang ini biasanya mempunyai volume dagang yang kecil.

Pada perkembangannya, keberadaan PKL di kawasan perkotaan Indonesia seringkali nampak masalah-masalah yang terkait dengan gangguan keamanan dan ketertiban masyarakat. Kesan buruk seperti kumuh, liar, merusak keindahan, seakan sudah menjadi label yang melekat pada usaha mikro ini. Para pedagang yang biasanya berjualan di trotoar jalan, di jembatan penyebrangan, taman-taman kota, bahkan di badan jalan berulang kali ditertibkan oleh pemerintah, mereka dianggap menjadi penyebab kemacetan lalu lintas ataupun merusak keindahan kota dan selalu dipandang sebagai bagian dari masalah (Styawan, 2019).

Pedagang kaki lima sering memanfaatkan tempat-tempat yang senantiasa dipandang sebagai profit misalkan pusat kota, tempat keramaian hingga tempat-tempat yang dinilai berpotensi untuk menjadi objek wisata. Mereka hanya berpikir bahwa apa yang mereka lakukan adalah untuk mencari nafkah tanpa memperdulikan hal-hal yang lain. Di satu sisi keberadaan pedagang kaki lima diakui sebagai potensi ekonomi yang tidak bisa dipandang sebelah mata. Pedagang kaki lima yang mampu menyerap tenaga kerja dalam jumlah yang cukup besar serta menyediakan kebutuhan hidup bagi masyarakat. Tetapi di lain pihak keberadaan pedagang kaki lima dianggap mengganggu keindahan dan ketertiban lingkungan Kota serta dapat membahayakan kesehatan mereka sendiri (Yunus & Aulia, 2017).

## **B. Tinjauan Umum tentang Pencemaran Udara**

### **1. Pencemaran Udara**

Udara adalah atmosfer yang ada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat berpengaruh terhadap kehidupan di muka bumi ini, dalam udara terdapat oksigen ( $O_2$ ) untuk bernafas, karbon dioksida ( $CO_2$ ) untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun, dan ozon ( $O_3$ ) untuk menahan sinar ultraviolet dari sinar matahari (Sunu, 2001). Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup. Udara sebagai komponen lingkungan yang sangat penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup secara optimal. Udara memiliki campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi yaitu uap air dan  $CO_2$ , kegiatan yang dapat berpotensi menaikkan konsentrasi  $CO_2$  seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran atau sekumpulan massa manusia di dalam ruangan terbatas yaitu karena proses pernapasan (Agusnar, 2007).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak memenuhi fungsinya.

Definisi lain tentang pencemaran udara menurut keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 1407 tahun 2002 tentang Pedoman Pengendalian Dampak Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah kegiatan manusia yang mengakibatkan masuknya komponen lain ke udara yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan atau komposisi pada udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan seperti itu terjadi maka udara dikatakan telah tercemar.

Pencemaran udara memiliki dua jenis sumber emisi. Sumber emisi ini adalah setiap usaha dan atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik dan sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada satu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor dan sumber bergerak spesifik adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan lainnya. Sedangkan sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat dan sumber emisi yang tetap pada suatu tempat yang berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah (Digdhaya, 2020).

## 2. Jenis – jenis pencemaran udara

Ada beberapa jenis pencemaran udara, yaitu (Sunu, 2001):

### a. Berdasarkan Bentuk

- 1) Gas, adalah uap yang dihasilkan dari zat padat atau zat cair karena dipanaskan atau menguap sendiri. Contohnya: CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NO.
- 2) Partikel, adalah suatu bentuk pencemaran udara yang berasal dari zarah-zarah kecil yang terdispersi ke udara, baik berupa padatan, cairan, maupun padatan dan cairan secara bersama-sama. Contohnya: debu, asap, kabut, dan lain-lain.

### b. Berdasarkan Tempat

- 1) Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) yang disebut juga udara tidak bebas seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit.
- 2) bangunan lainnya. Biasanya zat pencemarnya adalah asap rokok, asap yang terjadi di dapur tradisional ketika memasak, dan lain- lain.

### c. Berdasarkan Gangguan atau Efeknya Terhadap Kesehatan

- 1) Iritansia, adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh, seperti SO<sub>2</sub>, Ozon, dan Nitrogen Oksida.
- 2) Asfiksia, adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas karbondioksida. Gas penyebab tersebut seperti CO, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, dan CH<sub>4</sub>.

- 3) Anestesia, adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya; *Formaldehyde* dan Alkohol.
- 4) Toksis, adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan. Zat penyebabnya seperti Timbal, kadmium, Fluor, dan Insektisida

d. Berdasarkan Susunan Kimia

- 1) Anorganik, adalah zat pencemar yang tidak mengandung karbon seperti asbestos, amonia, asam sulfat, dan lain-lain.
- 2) Organik, adalah zat pencemar yang mengandung karbon seperti pestisida, herbisida, beberapa jenis alkohol dan lain-lain.

e. Berdasarkan Asalnya

- 1) Primer, adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan langsung ke udara yang menyebabkan konsentrasinya meningkat dan membahayakan. Contohnya: CO<sub>2</sub> yang meningkat diatas konsentrasi normal.
- 2) Sekunder, adalah senyawa kimia berbahaya yang timbul dari hasil reaksi antara zat polutan primer dengan komponen alamiah. Contohnya: *Peroxy Acetil Nitrat* (PAN).

3. Faktor - faktor yang mempengaruhi kualitas udara

Faktor faktor yang mempengaruhi kualitas udara sebelum kontak dengan manusia diantaranya adalah (Achmadi, 2011):

- a. Arah dan kecepatan angin.

Angin adalah udara yang bergerak. Akibat pergerakan udara maka akan terjadi suatu proses penyebaran yang dapat mengakibatkan pengenceran dari bahan pencemaran udara, sehingga kadar suatu pencemar pada jarak tertentu sumber akan mempunyai kadar yang berbeda. Sama halnya dengan arah dan kecepatan angin dapat mempengaruhi kadar bahan pencemar setempat. Angin menentukan kemana berbagai bahan pencemar akan dibawa, terutama gas dan partikel berukuran kecil, semakin cepat angin bertiup proses pengenceran berjalan semakin baik.

b. Kelembapan

Kelembapan udara dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar di udara. Pada kelembapan yang tinggi maka kadar uap air di udara dapat bereaksi dengan pencemar udara, menjadi zat lain yang tak berbahaya atau menjadi pencemar sekunder.

c. Suhu

Suhu yang menurun pada permukaan bumi dapat menyebabkan kelembapan udara relatif, sehingga akan menyebabkan efek korosif dan meningkatnya suhu akan menyebabkan meningkatnya kecepatan reaksi suatu bahan kimia. Suhu udara dapat mempengaruhi konsentrasi pencemar udara. Suhu udara yang tinggi menyebabkan udara makin renggang sehingga konsentrasi pencemar menjadi makin rendah. Sebaliknya pada suhu yang dingin keadaan udara makin padat sehingga konsentrasi pencemar di udara tampaknya makin tinggi.

d. Sinar matahari

Sinar matahari juga mempengaruhi kadar pencemar udara, karena dengan adanya sinar matahari tersebut maka beberapa pencemar di udara dapat dipercepat atau diperlambat reaksinya dengan zat-zat lain di udara sehingga kadarnya dapat berbeda menurut banyaknya sinar matahari yang menyinari bumi. Demikian juga halnya mengenai banyaknya panas matahari yang sampai ke bumi, yang dapat mempengaruhi kadar pencemar udara. Sinar matahari dapat mempengaruhi oksidan terutama  $O_3$  di atmosfer. Keadaan tersebut dapat menyebabkan kerusakan bangunan atau bahan-bahan yang terbuat dari karet.

e. Curah hujan

Curah hujan yang merupakan suatu partikel air di udara yang bergerak dari atas jatuh ke bumi, dapat menyerap pencemar gas tertentu ke dalam partikel air, serta dapat menangkap partikel debu baik yang *inert* maupun partikel debu yang lain, menempel pada partikel air dan di bawa jatuh ke bumi. Dengan demikian pencemar dalam bentuk partikel dapat berkurang konsentrasinya akibat jatuhnya hujan.

f. Tekanan udara

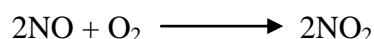
Tekanan udara dapat mempercepat atau menghambat terjadinya suatu reaksi kimia antara pencemar dengan zat pencemar di udara atau zat-zat yang ada di udara, sehingga pencemar udara dapat bertambah maupun berkurang.



## C. Tinjauan Umum tentang Nitrogen Dioksida

### 1. Karakteristik

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Selain kedua zat tersebut, masih ada bentuk nitrogen oksida lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Sifat dari NO adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah salah satu dari kelompok polutan NO<sub>x</sub> bersama dengan NO, HNO<sub>2</sub> dan HNO<sub>3</sub> (CAI-Asia Center 2010). Pembentukan NO dan NO<sub>2</sub> mencakup reaksi antara NO dengan lebih banyak oksigen membentuk NO<sub>2</sub>. Persamaan reaksinya sebagai berikut (Achmad, 2004) :



Nitrogen dioksida masuk ke dalam kelompok gas yang sangat reaktif yang disebut nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>). Gas gas ini terbentuk ketika bahan bakar dibakar pada suhu tinggi dan sumber terbesar yaitu dari knalpot kendaraan bermotor dan sumber statis yaitu dari utilitas listrik dan boiler industri. Gas nitrogen dioksida adalah agen pengoksidasi yang kuat yang bereaksi di udara untuk membentuk asam nitrat korosif, serta nitrat organik beracun. Gas ini juga merupakan gas utama dalam reaksi atmosfer

yang menghasilkan *ground-level-ozone* atau kabut asap (Rahmatika, 2017).

Udara terdiri dari sekitar 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar kedua gas ini mempunyai sedikit kecenderungan untuk bereaksi satu sama lain namun pada suhu yang lebih tinggi keduanya dapat bereaksi membentuk nitrogen dioksida dalam jumlah yang lebih besar sehingga dapat mencemari udara. Jumlah nitrogen dioksida di udara dalam ekuilibrium dipengaruhi oleh suhu pembakaran, lamanya gas hasil pembakaran yang terdapat pada suhu tersebut dan jumlah oksigen berlebih yang tersedia di udara. Semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin tinggi pula konsentrasi nitrogen dioksida di udara dalam keadaan ekuilibrium. Pembentukan nitrogen dioksida dirangsang oleh suhu tinggi namun dapat terdisosiasi kembali apabila suhu campuran perlahan diturunkan (Rahmatika, 2017).

Konsentrasi nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) di udara dipengaruhi oleh sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor, pencemaran nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) dapat berupa asam nitrat yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat di dalam air hujan atau debu. Kecepatan emisi  $\text{NO}_x$  dapat diketahui bahwa waktu tinggal nitrogen monoksida ( $\text{NO}$ ) biasanya lebih lama dibandingkan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Dari waktu tinggal tersebut dapat diketahui bahwa proses-proses alam termasuk reaksi fotokimia yang mengakibatkan hilangnya  $\text{NO}_x$ . Perubahan konsentrasi  $\text{NO}_x$  di udara berlangsung sebagai berikut (Fardiaz, 2010).

- a. Konsentrasi NO dan NO<sub>2</sub> tetap stabil sebelum matahari terbit.
- b. Konsentrasi NO mulai meningkat pada pagi hari bersamaan dengan aktivitas manusia, terutama kendaraan bermotor.
- c. Pada siang hari, sinar matahari memancarkan sinar ultraviolet sehingga konsentrasi NO<sub>2</sub> meningkat karena perubahan NO primer menjadi NO<sub>2</sub> sekunder.
- d. Dengan menurunnya konsentrasi NO di bawah 0,1 ppm, maka konsentrasi ozon (O<sub>3</sub>) meningkat.
- e. Konsentrasi NO mulai meningkat kembali apabila intensitas energi sinar matahari cenderung menurun pada sore hari.
- f. O<sub>3</sub> yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO yang berakibat terjadinya kenaikan konsentrasi NO<sub>2</sub> dan penurunan konsentrasi O<sub>3</sub>.

Konsentrasi NO di udara daerah perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi daripada di udara daerah pedesaan. Konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm.

## 2. Sumber

NO<sub>2</sub> tidak secara langsung dilepaskan langsung ke udara. NO<sub>2</sub> terbentuk ketika nitrogen oksida (NO) dan lainnya (NO<sub>x</sub>) bereaksi dengan bahan kimia lain di udara untuk membentuk nitrogen dioksida. Sumber utama nitrogen dioksida yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah pembakaran bahan bakar fosil (batubara, gas dan minyak), terutama bensin digunakan oleh kendaraan bermotor. Di daerah perkotaan, 80% NO<sub>2</sub>

dihasilkan oleh kendaraan bermotor. NO<sub>2</sub> juga dihasilkan dari proses pembuatan asam nitrat, pengelasan dan penggunaan bahan peledak. Sumber - sumber lain NO<sub>2</sub> yaitu proses penyulingan bensin dan logam, industri pengolahan komersial, dan industri pengolahan makanan, sumber alaminya yaitu gunung berapi dan bakteri (Ministry for the Environment 2009).

### 3. Dampak Terhadap Kesehatan

Dampak yang ditimbulkan akibat nitrogen dioksida sangat berpengaruh pada kesehatan terutama saluran pernapasan. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa pajanan NO<sub>2</sub> selama 30 menit hingga 24 jam akan membawa efek yang merugikan bagi pernapasan yaitu inflamasi atau peradangan saluran nafas pada orang sehat dan peningkatan gejala pada penderita asma. Beberapa studi juga menunjukkan bahwa terjadi hubungan antara peningkatan konsentrasi NO<sub>2</sub> dengan peningkatan kunjungan rumah sakit dan UGD yang berkaitan dengan penyakit pernapasan terutama asma (Hidayat 2015).

Pajanan zat NO<sub>2</sub> dengan frekuensi yang cukup tinggi memberikan efek buruk bagi kesehatan yakni dapat menurunkan fungsi paru-paru khususnya pada anak-anak. Hal ini dapat menurunkan pertahanan tubuh terhadap penyakit paru - paru, agen *bronchoconstrictive* dan penyebab iritasi lainnya NO<sub>2</sub> juga meningkatkan risiko untuk gangguan kelahiran termasuk berat lahir rendah, prematuritas, gangguan pertumbuhan intra-uterus, cacat lahir, dan kelahiran mati. Karena NO<sub>2</sub> datang terutama pada

sumber kendaraan, NO<sub>2</sub> juga sangat terkait dengan PM, dan dengan demikian sangat sulit untuk membedakan efek dari masing - masing polutan lain dalam studi epidemiologi (Liliskarlina 2015).

NO<sub>2</sub> dapat mengiritasi hidung dan tenggorokan, terutama pada orang dengan asma, dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernapasan. Ozon yang terbentuk ketika gas NO<sub>2</sub> dan gas lain bereaksi dengan adanya sinar matahari, juga dapat: (Hidayat 2015).

- a. Mengiritasi sistem pernapasan dan menyebabkan batuk, iritasi tenggorokan dan sensasi tidak nyaman di dada.
- b. Mengurangi fungsi paru-paru, menyebabkan pernapasan yang lebih cepat dan dangkal yang mungkin membatasi kemampuan seseorang untuk terlibat dalam kegiatan aktif
- c. Meningkatkan kepekaan terhadap alergen seperti bulu hewan peliharaan, serbuk sari dan tungau debu yang sering memicu serangan asma, meningkatkan kebutuhan dokter dan kunjungan gawat darurat yang lebih banyak dan penggunaan obat-obat yang lebih besar.
- d. Meradangkan lapisan paru-paru.

## D. Tinjauan umum tentang Karbon Monoksida

### 1. Karakteristik

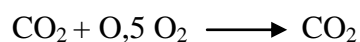
Karbon Monoksida (CO) adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa (Wardhana, 2004). Gas CO dapat berbentuk cairan pada temperatur dibawah  $-129^{\circ}\text{C}$ . Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara berupa gas buangan. Di kota besar yang padat lalu lintasnya biasanya akan banyak menghasilkan gas CO sehingga kadar CO dalam udara relatif tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. Menurut Wardhana (2004:43), pembentukan CO melalui proses:

- a. Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara yang reaksinya tidak stoikiometris, dapat dilihat pada reaksi di bawah ini:

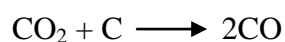
Reaksi :



Jika reaksi berlanjut, maka akan menjadi reaksi stoikiometri, yang tidak menghasilkan gas CO, yaitu:



- b. Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara  $\text{CO}_2$  dengan C menghasilkan gas CO, yang menghasilkan dapat dilihat pada reaksi berikut ini:



Reaksi karbon dioksida dengan karbon pada suhu tinggi akan menghasilkan dua molekul karbon monoksida (CO).

- c. Pada suhu tinggi, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan terurai menjadi CO, dengan reaksi sebagai berikut:



Tingginya suhu hasil suatu pembakaran menyebabkan jumlah gas CO yang terdisosiasi menjadi CO dan O maka akan semakin banyak, suhu tinggi merupakan pemicu terjadinya gas CO. Sumber pencemaran gas CO terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak maupun batubara) pada mesin-mesin penggerak transportasi. Penyebaran gas CO di udara tergantung pada keadaan lingkungan, untuk daerah perkotaan yang banyak kegiatan industrinya dan lalu lintasnya padat, udaranya sudah banyak tercemar oleh gas CO, sedangkan daerah pinggiran kota atau desa, cemaran CO di udara relatif sedikit. Bahkan tanah yang masih terbuka dimana belum ada bangunan di atasnya, dapat membantu penyerapan gas CO, karena mikroorganisme yang ada di dalam tanah mampu menyerap gas CO yang terdapat di udara. Angin juga dapat mengurangi konsentrasi gas CO pada suatu tempat karena dipindahkan ke tempat lain.

## 2. Sumber

Karbon monoksida di lingkungan berasal dari transportasi dan dapat pula terbentuk dari proses industri (Sastrawijaya, 2009). Satuan konsentrasi CO di udara adalah ppm atau *parts per million*. Di mana 1 ppm setara dengan 10<sup>-4</sup>%. Selain dihasilkan oleh pembakaran tidak sempurna di luar tubuh, gas CO juga dihasilkan dalam jumlah kecil

(kurang dari 0,5%) dari katabolisme normal cincin protoporfirin hemoglobin di dalam tubuh dan tidak toksik bagi tubuh (Anggraeni, 2009).

Selain terbentuk karena proses kegiatan manusia, karbon monoksida (CO) juga dapat terbentuk secara alamiah. Karbon monoksida secara alamiah diproduksi dari lautan, oksidasi metal di atmosfer, pegunungan, kebakaran hutan, dan pancaran listrik dari kilat (Muzayyid, 2014). Menurut (Rosianasari, 2016), karbon monoksida di alam dapat terbentuk melalui salah satu reaksi berikut:

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara CO<sub>2</sub> dengan komponen yang mengandung karbon pada temperatur tinggi.
- c. Penguraian CO<sub>2</sub> menjadi CO dan O.

Jumlah CO dari sumber buatan diperkirakan mendekati 60 juta ton per tahun. Sebagian besar dari jumlah ini berasal dari kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah domestik. Di dalam laporan WHO (1992) dinyatakan paling tidak 90% dari CO di udara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor. Selain itu asap rokok juga mengandung CO, sehingga para perokok dapat memajan dirinya dari asap rokok yang sedang dihisapnya. Sumber CO dari dalam ruang (*Indoor*) termasuk dari tungku dapur rumah tangga dan tungku pemanas ruang (Wahyuni, 2018).



Adapun sumber pencemar gas karbon monoksida ditunjukkan pada Tabel

## 2.1

**Tabel 2.1 Sumber Pencemar Gas Karbon Monoksida**

Sumber pencemaran	Bagian (%)	Total (%)
Transportasi		63,8
a. Mobil bensin	59,0	
b. Mobil diesel	0,2	
c. Pesawat terbang	2,4	
d. Keretaapi	0,1	
e. Kapal laut	0,3	
f. Sepeda motor	1,8	
Pembakaran stasioner		1,9
a. Batu bara	0,8	
b. Minyak	1,1	
Gas alam (dapat diabaikan)		0,0
Proses industry		9,6
Pembuangan limbah padat		7,8
Sumber lain-lain		16,9
a. Kebakaran hutan	7,2	
b. Pembakaran batu bara sisa	1,2	
c. Pembakaran limbah pertanian	8,3	
d. Pembakaran lainnya.	0,2	
Jumlah	100	100

(Sumber :Wardhana, 2004)

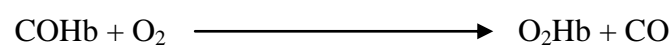
## 3. Dampak terhadap kesehatan

Gas karbon monoksida dalam konsentrasi tinggi merupakan racun bagi manusia dan hewan. Apabila terhisap ke dalam paru-paru akan mengikuti peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen ( $O_2$ ) (Damara dkk, 2017). Karbon monoksida akan berikatan dengan hemoglobin dalam darah membentuk karboksihemoglobin (COHb). Ikatan tersebut 200 kali lebih kuat dan stabil daripada ikatan hemoglobin dengan oksigen (Anjarsari, 2019).

Faktor terpenting yang menentukan pengaruh CO terhadap tubuh manusia adalah konsentrasi COHb yang terdapat dalam darah, dimana semakin tinggi persentase hemoglobin yang terikat dalam bentuk COHb,

semakin parah pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Konsentrasi COHb di dalam darah dipengaruhi secara langsung oleh konsentrasi CO dari udara yang terhisap (Agusnar, 2007). CO sangat berbahaya karena dapat mengikat Hemoglobin dalam darah dan bersaing dengan oksigen dan membentuk COHb yang sangat berbahaya bagi tubuh (Purwoko dalam Vita Nur, 2006).

Keracunan akibat gas karbon monoksida (CO) dapat ditandai dari keadaan yang ringan, berupa pusing, sakit kepala dan mual. Keadaan yang lebih berat dapat berupa menurunnya kemampuan gerak tubuh, gangguan pada sistem kardiovaskular, serangan jantung sampai pada kematian. Pertolongan bagi orang yang keracunan gas karbon monoksida pada tingkat yang relatif masih ringan dapat dilakukan dengan membawa korban ke tempat yang berudara terbuka (segar) dan memberikan kesempatan kepada korban untuk bernafas dalam-dalam. Masuknya udara segar atau oksigen ke dalam tubuh akan mengubah karboksihemoglobin menjadi menjadi oksihemoglobin berdasarkan reaksi keseimbangan berikut ini (Wahyuni, 2018):



Walaupun dikatakan bahwa reaksi tersebut diatas adalah reaksi keseimbangan, namun apabila udara masuk ke dalam tubuh cukup banyak maka pada akhirnya reaksi akan bergeser terus di kanan sampai semua karboksihemoglobin habis menjadi oksihemoglobin yang memang diperlukan oleh tubuh manusia. Pada umumnya keracunan gas karbon

monoksida tidak bersifat kumulatif. Kerusakan permanen hanya terjadi apabila ada sel vital (contohnya sel-sel otak) yang mengalami kekurangan oksigen dalam waktu yang relatif cukup lama.

Jika konsentrasi gas CO di udara tetap maka konsentrasi COHb di dalam darah akan mencapai keseimbangan tertentu dan akan tetap bertahan selama tidak ada perubahan pada konsentrasi CO di udara. Dalam keadaan normal sebenarnya darah sudah mengandung COHb sebanyak 0,5%, berasal dari proses metabolisme di dalam tubuh, terutama merupakan hasil pemecahan heme komponen hemoglobin dalam darah itu sendiri, ditambah lagi dari konsentrasi CO yang terdapat di udara dalam konsentrasi rendah. Hubungan antara konsentrasi COHb dalam darah dengan konsentrasi CO di udara (<100 ppm) sebagai berikut:

**Tabel 2.2 Pengaruh konsentrasi CO di udara dan pengaruhnya pada tubuh bila kontak terjadi pada waktu yang lama**

<b>Konsentrasi CO di udara dalam ppm</b>	<b>Konsentrasi COHb dalam darah (%)</b>	<b>Gangguan pada tubuh</b>
3	0,98	Belum ada
5	1,3	Belum begitu terasa
10	2,1	Sistem saraf sentral
20	3,7	Panca indra
40	6,9	Fungsi jantung
60	10,1	Sakit kepala
80	13,3	Sulit bernafas
100	16,5	Pingsan - kematian

(Sumber :Wardhana, 2004)

## E. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target spesifik (Pamungkas dkk, 2017). Tujuan ARKL adalah untuk memperkirakan risiko yang mungkin dapat terjadi. Manfaat analisis risiko adalah untuk melindungi manusia dari kemungkinan efek yang merugikan dari suatu bahan berbahaya (Saputro, 2015).

Analisis risiko terdiri dari empat tahap kajian, yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pajanan, dan karakterisasi risiko, yang selanjutnya dilanjutkan dengan manajemen risiko dan komunikasi risiko (Sembiring, 2020). Adapun langkah-langkah ARKL tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut (Mallongi & Dullah, 2014):

### a. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya atau *hazard identification* adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Berikut ini adalah data-data yang diperlukan dalam identifikasi bahaya:

- 1) Sejarah lokasi
- 2) Tata guna lahan
- 3) Tingkat pencemaran dalam media, baik itu air tanah, air permukaan, dan udara

4) Karakteristik lingkungan yang dapat mempengaruhi keberadaan dan transportasi zat kimia kontaminan tersebut, antara lain data hidrologi, topografi, dan geologi.

5) Pengaruh yang potensial terhadap populasi.

Pada identifikasi bahaya langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengetahui maupun mengenal dampak buruk kesehatan yang disebabkan oleh pemajanan suatu bahan dan memastikan mutu serta kekuatan bukti-bukti yang mendukungnya (daya racun sistemik dan karsinogenik). Hasil identifikasi tersebut akan diperoleh karakteristik suatu bahaya. Penilaian tersebut dilakukan untuk menilai efek dari suatu bahan dan dampaknya terhadap manusia dan lingkungan. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial (Ditjen PP & PL, 2012).

#### b. Analisis Dosis Respon

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis- respons yaitu mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia. Menentukan dosis respon suatu agen risiko sangat sulit, membutuhkan data dan informasi studi toksisitas yang asli dan lengkap. Selain itu,

dibutuhkan ahli-ahli kimia, toksikologi, farmakologi, biologi, epidemiologi dan spesialis-spesialis lain yang berhubungan dengan toksisitas dan farmakologi zat.

Toksisitas dinyatakan sebagai *Cancer Slope Factor* (CSF) untuk efek-efek karsinogenik, sedangkan toksisitas kuantitatif non karsinogenik dinyatakan dengan dosis referensi (*reference dose*, RfD). Dosis referensi menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut sepanjang hayat. Dosis referensi dapat dibedakan menjadi pajanan oral atau tertelan untuk makan dan minuman yang disebut RfD dan untuk pajanan inhalasi udara disebut *reference concentration* (RfC). Dalam analisis dosis-respon, dosis dinyatakan sebagai agen risiko yang terhirup (*inhaled*), tertelan (*ingested*) atau terserap melalui kulit (*absorbed*) per kilogram berat badan per hari (mg/kg/hari).

### c. Analisis Pajanan

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan Analisis pajanan yaitu dengan mengukur atau menghitung *intake*/ asupan dari agen risiko. Untuk menghitung intake digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dll), dan asumsi

yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai default yang tersedia

Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam persamaan berikut (ATSDR, 2005).

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

Keterangan:

- I : Asupan /*intake* (mg/kg/hari).
- C : Konsentrasi agen risiko (mg/m<sup>3</sup> untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan).
- R : Laju asupan atau konsumsi (m<sup>3</sup>/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan).
- t<sub>E</sub> : Waktu pajanan (24 jam/hari untuk pemukiman, 8 jam/hari untuk tempat kerja).
- f<sub>E</sub> : Frekuensi pajanan (350 hari/tahun untuk pemukiman, 250 hari/tahun untuk tempat kerja).
- Dt : Durasi pajanan, tahun (*realtime*, atau 30 tahun untuk pemukiman / pajanan seumur hidup).
- W<sub>b</sub> : Berat badan (55 kg untuk dewasa asia/ Indonesia, 15 kg anak-anak)
- t<sub>avg</sub> : Periode waktu rata-rata (30 tahun × 365 hari/tahun untuk zat non karsinogen, 70 tahun × 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

#### d. Karakteristik Risiko

Langkah ARKL yang terakhir adalah karakterisasi risiko yang dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko atau dengan kata lain menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada ARKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (dengan karakteristik seperti berat badan, laju inhalasi/konsumsi, waktu, frekuensi, durasi pajanan tertentu) atau tidak. Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/ membagi *intake* dengan dosis /konsentrasi agen risiko tersebut. Karakteristik risiko dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ) untuk efek-efek non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika  $RQ > 1$ , sedangkan jika  $RQ \leq 1$  risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak lebih dari satu.

RQ dihitung dengan membagi *intake* non karsinogenik ( $I_{nk}$ ) agen risiko dengan RfD atau RfC menurut persamaan dibawah ini (ATSDR, 2005):

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

Keterangan:

RQ : *Risk Quotient*

$I_{nk}$  : *Intake* non karsinogenik

RfD : *Reference Dose*

RfC : *Reference Concentration*



Adapun ECR dihitung dengan mengalikan CSF dengan asupan karsinogenik agen risiko seperti dalam persamaan berikut ini (ATSDR, 2005):

$$ECR = CSF \times I_k$$

Keterangan:

ECR : *Excess Cancer Risk*

CSF : *Cancer Slope Factor*

$I_k$  : Asupan karsinogenik

#### e. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakteristik risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan nilai RQ dan ECR dengan memanipulasi nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam persamaan menghitung asupan. Manipulasi sedemikian rupa dapat menghasilkan nilai asupan yang lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Hanya ada dua cara untuk menyamakan asupan dengan referensi toksisitasnya yaitu menurunkan konsentrasi agen risiko atau mengurangi waktu kontak. Berikut ini penjelasan lengkap dari cara-cara manajemen risiko:

- 1) Menurunkan konsentrasi agen risiko bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$C = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{R \times f_E \times D_t} \text{ mg/L}$$

- 2) Pengurangan jumlah konsumsi atau menurunkan laju asupan.

$$R = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C_{AS} \times f_E \times D_t} \text{ L/hari}$$

Menjadi:

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

3) Pengurangan durasi pajanan.

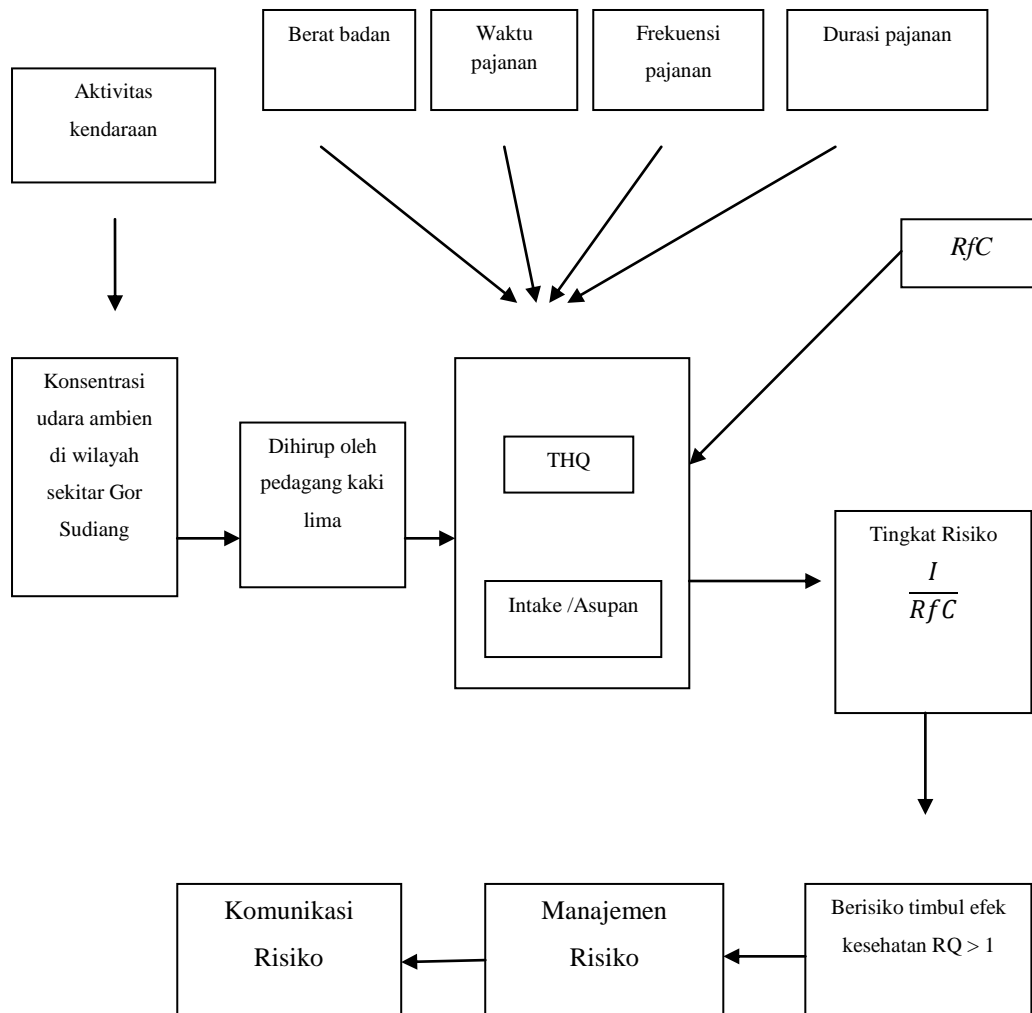
$$D_t = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times f_E} \text{ mg/L}$$

f. Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko dilakukan agar tujuan manajemen risiko tercapai dengan baik. Pilihan-pilihan manajemen risiko yang telah ditentukan harus dikomunikasikan kepada pihak-pihak yang berkepentingan. Manajemen dan komunikasi risiko bersifat spesifik yang bergantung pada karakteristik *risk agent*, pola pemajanan individu atau populasi yang terpajan, sosio-demografi dan kelembagaan masyarakat serta pemerintah setempat (Basri *et al.*, 2014).

## F. KERANGKA TEORI

Kerangka teori penelitian ini disajikan pada gambar 2.1



**Gambar 2.1 Kerangka Teori**

**Gambar 2.1 Kerangka Teori** (Sumber: Pedoman Analisis risiko kesehatan lingkungan, DITJEN PP & PL, 2012, (ATSDR, 2005))

Pada Gambar 2.1, digambarkan kerangka teori penelitian ini. Pada metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), yang pertama - tama perlu dicari tahu adalah konsentrasi zat pajanan yang dalam hal ini adalah

NO<sub>2</sub> dan CO. NO<sub>2</sub> dan CO merupakan salah satu gas emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor, konsentrasinya sangat dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan di tempat pengambilan sampel. NO<sub>2</sub> dan CO di udara dapat masuk ke dalam tubuh pedagang melalui jalur inhalasi. Keterpaparan melalui jalur inhalasi akan dianalisis dengan 3 metode. Analisis *Intake*, RQ dan THQ. Untuk melakukan ketiga analisis tersebut, diperlukan data-data lain terkait antropometri yaitu berat badan pedagang, nilai *default* laju inhalasi orang dewasa, data aktivitas pedagang yaitu frekuensi, durasi dan waktu terpapar serta nilai RfC. Setelah menghitung *Intake*, langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat risiko (RQ). Ketika nilai RQ > 1, maka para pedagang memiliki risiko kesehatan, sedangkan ketika nilai RQ < 1, maka risiko kesehatannya belum ada. Bila pedagang memiliki risiko kesehatan, efek kesehatan yang timbul dapat terjadi seketika atau termanifestasi terlebih dahulu dan memerlukan waktu yang lama untuk muncul. Setelah risiko kesehatan diketahui, hal ini lah yang di manajemen sedemikian rupa untuk meminimalisir risiko yang dapat terjadi. Selanjutnya risiko ini akan dikomunikasikan ke *stakeholder* terkait.