

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA
PEDAGANG *PISANG EPE* AKIBAT PAJANAN GAS
NO₂ DI SEPANJANG JALAN PENGHIBUR
KOTA MAKASSAR**

**MALDI PRASETYO
K111 14 301**



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

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



PERNYATAAN PERSETUJUAN

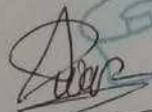
Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi dan disetujui untuk diperbanyak sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.

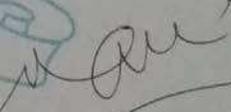
Makassar, 9 Mei 2019

Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Anwar Mallongi, SKM., M.Sc., PhD

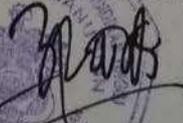

Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M.Sc.

Mengetahui

Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan

Fakultas Kesehatan Masyarakat

Universitas Hasanuddin


Dr. Ernawati Ibrahim, SKM., M.Kes



anned with
mScanner

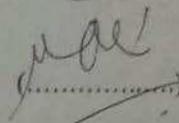
PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Selasa, 9 Mei 2019

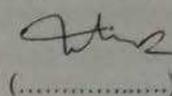
Ketua : Anwar Mallongi, SKM., M.Sc., PhD

()

Sekretaris : Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M.Sc.

()

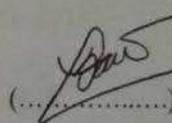
Anggota : 1. dr. Makmur Selomo, MS

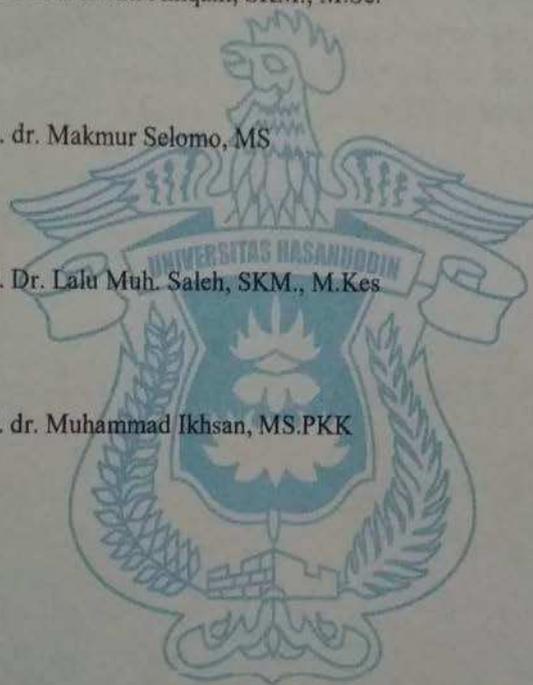
()

2. Dr. Lalu Muh. Saleh, SKM., M.Kes

(.....)

3. dr. Muhammad Ikhsan, MS.PKK

()



anned with
mScanner

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maldi Prasetyo
NIM : K11114301
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
No. HP : 081243436797
E-mail : prasyomaldi@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa judul artikel "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Pedagang Pisang Epe Akibat Paparan gas NO₂ di Sepanjang Jalan Penghibur Kota 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, Mei 2019



Maldi Prasetyo



anned with
mScanner

RINGKASAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
Makassar, Mei 2019

MALDI PRASETYO

**“Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Pedagang *Pisang Epe* Akibat
Pajanan Gas NO₂ di Sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar”**

(xii + 78 Halaman + 10 Gambar + 6 Tabel + Lampiran)

Jalan Penghibur terletak pada Kelurahan Maloku Kecamatan Ujung Pandang. Jalan ini dijadikan tempat berjualan oleh banyak pedagang dengan komoditas utamanya adalah *pisang epe*. Tempat berjualan para pedagang *pisang epe* berada bersampingan langsung dengan ruas Jalan Penghibur. Jarak yang sangat dekat antara tempat berjualan dan ruas jalan tentu membuat para pedagang sangat rentan akan keterpaparan terhadap emisi kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Penghibur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat risiko kesehatan akibat terpajan NO₂ pada pedagang *pisang epe* di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar. Desain penelitian yang digunakan adalah *Cross Sectional* dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Teknik sampling yang digunakan adalah *exhaustive sampling* dengan total sampel sebanyak 80 orang pedagang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ di Jalan Penghibur masih di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan dengan nilai maksimal 28,98 µg/ Nm³. Hasil penelitian juga menunjukkan nilai *Risk Quotient* (RQ) tidak ada yang melebihi 1 dengan nilai maksimal 0,25 dan nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) juga tidak ada yang melebihi 1 dengan nilai maksimal 0,00002. Dapat disimpulkan bahwa risiko kesehatan akibat pajanan NO₂ pada pedagang *pisang epe* di Jalan Penghibur Kota Makassar masih berada di kategori aman.

Daftar Pustaka : 39 (1993-2018)

Kata Kunci : NO₂, ARKL, pedagang *pisang epe*



SUMMARY

HASANUDDIN UNIVERSITY
PUBLIC HEALTH FACULTY
ENVIRONMENTAL HEALTH
Makassar, May 2019

MALDI PRASETYO

“Environmental Health Risk Analysis on Pisang Epe Seller Due to NO₂ Exposure In Penghibur Street Makassar City”

(xii + 79 Pages + 10 Pictures + 6 Tables + Appendixes)

Penghibur street is located in Maluku Village, Ujung Pandang District. This street is full of seller, mainly culinary, with the main commodity is pisang epe. The booths of these pisang epe sellers are located directly next to the road segment. The very close distance between the place of sale and the road certainly makes the sellers very vulnerable to exposure to emissions of motorized vehicles that cross Penghibur street. The purpose of this study was to analyze the level of health risk due to exposure to NO₂ at pisang epe sellers along Penghibur street in Makassar City. The research design used was Cross Sectional with the Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method. The sampling technique used was exhaustive sampling with a total sample of 80 traders. The results showed that NO₂ concentrations on Jalan Penghibur were still below the standard quality values set with a maximum value of 28.98 µg / Nm³. The results of the study also show that there is no Risk Quotient (RQ) that exceeds 1 with a maximum value of 0.25 and the Target Hazard Quotient (THQ) value also does not exceed 1 with a maximum value of 0.00002. It can be concluded that the health risks due to exposure to NO₂ on pisang epe sellers at Penghibur street Makassar City are still in the safe category.

Keywords : NO₂, ARKL, *pisang epe sellers*

References : 39 (1993-2018)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin dengan judul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pada Pedagang *Pisang Epe* Akibat Paparan Gas NO₂ di Sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar”.

Limpahan kasih sayang, rasa hormat dan rasa terima kasih yang mendalam penulis persembahkan skripsi ini kepada kedua orangtua, ayahanda Matali Sumadi dan ibunda Erlina Taing yang telah mendidik dan merawat penulis selama 22 tahun terakhir ini. Terima kasih untuk adik saya satu-satunya Maldani Prayogo yang selalu mendukung penuh semua kegiatan saya. Terima kasih banyak untuk keluarga besar yang telah memberi motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan pendidikan hingga akhir.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis persembahkan kepada bapak Anwar Mallongi, SKM., Msc., Ph.D selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM., MSc selaku pembimbing II yang telah banyak memberi arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis. Kepada bapak dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing akademik yang telah berperan sebagai ‘bapak’ selama penulis menempuh jenjang pendidikan S1. Tak lupa pula,

dosen penguji bapak dr. Makmur Selomo, MS, bapak Dr. Lalu
had Saleh, SKM., M.Kes, dan bapak dr. Muhammad Ikhsan, MS.PKK



yang telah memberi banyak kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Aminuddin Syam, SKM, M.Kes., M.Med.Ed selaku dekan, para wakil dekan, staf akademik beserta seluruh jajarannya yang telah membantu penulis selama proses selama menempuh pendidikan di FKM Unhas.
2. Para dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah mendidik dan memberi ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Para staf bagian akademik dan kemahasiswaan FKM Unhas yang sudah melancarkan penulis dalam setiap pengurusan berkas.
4. Para dosen dan staf Departemen Kesehatan Lingkungan yang telah membantu penulis dalam proses pendidikan.
5. Camat Kecamatan Ujung Pandang beserta seluruh jajarannya yang telah memberikan izin dan bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
6. Petugas pengambil sampel dari BTKL PP Kelas 1 Makassar yang menemani penulis mengambil sampel dan memberi banyak pengalaman dan pelajaran berharga.
7. *First Batch* SMA Al-Azhar Mandiri Palu yang tetap setia menunggu penulis untuk sama-sama menyandang gelar sarjana.
8. Para anggota grup LELAKI MICIN yang banyak memberi dukungan secara

spiritual dan mental serta menghibur kala hiruk pikuk skripsi sudah sangat terkumpul.



9. Keluarga Besar KM FKM Unhas yang menjadi rumah tempat penulis banyak belajar arti menjadi seorang manusia.
10. Teman-teman VAMPIR 2014 yang banyak memberi bantuan pada penulis sehingga penyusunan skripsi ini terasa lebih mudah.
11. Teman-teman SIQUE yang sudah berjuang bersama selama 5 tahun terakhir ini untuk saling membahagiakan satu sama lain.
12. Teman-teman Kesling 2014 yang selalu setia menjadi tempat berteduh kala kendala-kendala teknis sedang menerpa.
13. Teman-teman Posko 2 PBL Desa Bulu-Bulu yang telah memberikan restu kepada penulis sebagai orang yang menutup masa S1 dari seluruh anggota.
14. Adik-adik GOBLIN 2016 dan REWA 2017 yang sudah memberikan banyak pelajaran bahwa *respect* itu bukan ditemukan namun dibangun kemudian didapatkan lalu dipelihara.
15. Teman-teman tim sukses saya, Beby, Yuyu, Ulfa, Asti, dan Ira yang selalu bersedia direpotkan kapanpun dimanapun.
16. Saudara beda ibu saya, Muhammad Syamsuri SKM yang sudah tak ada obatnya.
17. Alisha Salsabila Indrawan yang dalam segala fluktuasi emosinya masih terus hadir untuk mengawal penulis hingga tiba pada titik ini dan terus berproses menuju kedewasaan.
18. Dan kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan

akhir mahasiswa strata satu.



Akhir kata, penulis memohon maaf jika terdapat banyak kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat dibutuhkan agar skripsi ini dapat berguna dalam ilmu pengetahuan dan pendidikan.

Makassar, Mei 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Umum tentang NO ₂	10
B. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	21
C. Kerangka Teori	33
BAB III KERANGKA KONSEP	
A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian.....	35
B. Kerangka Konsep	36
C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	38
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	41
B. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	41
C. Populasi dan Sampel.....	42
Instrumen Penelitian	44
Kualitas Data	44



F. Pengumpulan Data.....	45
G. Pengolahan Data.....	45
H. Analisis Data.....	46
I. Penyajian Data.....	48
BAB V PEMBAHASAN	
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	49
B. Hasil Penelitian.....	52
C. Pembahasan	63
D. Keterbatasan Penelitian	76
BAB VI PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	77
B. Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar Proses dan Reaksi Penting dalam Biotransformasi	15
Gambar 2.2. Efek Paparan NO ₂ terhadap Saluran Pernapasan	16
Gambar 2.3. Proses <i>Risk Analysis</i>	22
Gambar 2.4. Bagan Alir ARKL	23
Gambar 2.5. Kerangka Teori.....	33
Gambar 3.1. Kerangka Konsep	36
Gambar 5.1. Hasil Perhitungan <i>Risk Quotient Real Time</i> Pada Pedagang Pisang Epe di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	59
Gambar 5.2. Hasil Perhitungan <i>Risk Quotient Life Span</i> Pada Pedagang Pisang Epe di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	60
Gambar 5.3. Hasil Perhitungan <i>Target Hazard Quotient Real Time</i> Pada Pedagang Pisang Epe di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	61
Gambar 5.4. Hasil Perhitungan <i>Target Hazard Quotient Life Span</i> Pada Pedagang Pisang Epe di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber Pencemaran NO _x di Udara.....	12
Tabel 5.1. Karakteristik Pedagang Pisang Epe di Sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	53
Tabel 5.2. Pola Aktivitas Pedagang Pisang Epe di Sepanjang Jalan Penghibur KotaMakassar Tahun 2019.....	54
Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Kadar NO ₂ di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	55
Tabel 5.4. Volume Kendaraan di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019	56
Tabel 5.5. Hasil Perhitungan <i>Intake</i> Pada Pedagang Pisang Epe di Jalan Penghibur Kota Makassar Tahun 2019.....	57



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 2 Kuesioner Penelitian
- Lampiran 3 Surat Izin Penelitian
- Lampiran 4 Hasil Uji Lab
- Lampiran 5 Tabulasi *Excel*
- Lampiran 6 Daftar Riwayat Hidup



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan kondisi terjadinya perubahan (pengurangan atau penambahan komposisi udara) dibandingkan keadaan normal dalam waktu, tempat dan konsentrasi tertentu sedemikian rupa sehingga membahayakan kehidupan dan kesehatan masyarakat serta memberikan sumbangan terhadap meningkatnya kejadian penyakit yang berkaitan dengan pernafasan dan penyebab utama pencemaran udara tersebut adalah gas buang dan partikulat dari aktifitas transportasi (Achmadi, 2008) .

Ditinjau dari sumbernya, maka pencemar udara berasal dari dua sumber yaitu kendaraan bermotor dan industri atau yang lazim disebut sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sektor transportasi, khususnya kendaraan bermotor, merupakan contributor terbesar pencemaran udara di daerah perkotaan jika dihitung jumlah bahan bakarnya dibandingkan dengan sector lainnya. Pencemaran udara akan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor (Daud, 2011).

Sebenarnya banyak polutan udara yang perlu diwaspadai, tetapi organisasi kesehatan dunia (WHO) menetapkan beberapa jenis polutan yang dianggap serius. Polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia, serta mudah merusak harta benda adalah partikulat yang mengandung karbon monoksida, hidrokarbon, sulfur dioksida, dan nitrogen oksida yang semuanya



diemisikan oleh kendaraan bermotor. WHO memperkirakan bahwa 70% penduduk kota di dunia pernah menghirup udara kotor akibat emisi kendaraan bermotor, sedangkan 10% sisanya menghirup udara yang bersifat *marginal*. Polutan udara primer, yaitu polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya. Polutan udara primer dapat dibedakan menjadi lima kelompok yaitu karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO_x), dan partikel (Fardiaz, 2012). Toksisitas kelima kelompok polutan tersebut berbeda-beda. NO_x memiliki toksisitas relatif 77,8, SO_x memiliki toksisitas relatif 28,0, HC memiliki toksisitas 2,07 dan yang paling rendah toksisitasnya adalah CO dengan toksisitas relatif 1,00 (Babcock dalam Fardiaz 2012).

Dengan kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen dan 1% gas-gas yang lain, maka pada proses pembakaran kegiatan industri maupun pada kendaraan, akan terjadi proses reaksi yang menghasilkan Nitrogen Dioksida (NO₂) (Alamsyah, 2012). Pada temperatur tinggi di dalam mesin kendaraan bermotor, terjadi reaksi yang membentuk nitrogen oksida (NO), yang kemudian terlepas sebagai gas buang dan masuk ke dalam atmosfer.

Pada bulan Oktober 2018, WHO mempublikasikan hasil penelitiannya yang mengatakan bahwa 9 dari 10 orang di dunia menghirup udara tercemar setiap hari. Udara tercemar ini menjadi penyebab kematian sekitar 7 juta orang

tahunnya. Sekitar 33% kasus kematian stroke, kanker paru-paru dan kit jantung diakibatkan oleh polusi udara. 4 polutan utama yaitu



particulate matter, nitrogen dioksida, sulfur dioksida dan gas ozon. Partikulat dengan dengan ukuran ≤ 10 mikron dapat masuk dan mengendap di dalam paru-paru. Partikulat lainnya adalah partikulat dengan ukuran $\leq 2,5$ mikron. Partikulat ini sangat kecil ukurannya bahkan 60 partikulat ini ketika disejajarkan dan diukur hanya setara dengan lebar satu helai rambut manusia. Partikulat ini dapat masuk ke dalam selaput paru-paru hingga ke saluran peredaran darah dan dapat meningkatkan risiko gangguan jantung dan pernapasan juga kanker paru-paru. Sedangkan gas ozon, nitrogen dioksida dan sulfur dioksida merupakan faktor utama yang menyebabkan asma atau memperburuk keadaan orang yang mengidap asma.

Data menunjukkan bahwa 14% anak pada usia 5-18 tahun diseluruh 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. Polusi udara juga dikaitkan kanker yang terjadi pada masa kanak-kanak. (WHO, 2017).

Dampak udara yang tercemar oleh gas *nitrogen dioksida* tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO_2 pada tanaman antara lain timbulnya bintik-bintik pada permukaan daun. Pada konsentrasi lebih tinggi, gas tersebut dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun, dalam keadaan seperti ini daun tidak dapat berfungsi sempurna. (Saputra,



Ditinjau dari berbagai sektor yang potensial dalam mencemari udara, pada umumnya sektor transportasi memegang peran yang sangat besar dibandingkan dengan sektor lainnya. Lebih dari 90% polusi udara di kota-kota yang ada di negara berkembang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Hal ini dikarenakan tingginya jumlah kendaraan yang tua ditambah dengan pemeliharaan kendaraan yang buruk, infrastruktur yang tidak memadai dan kualitas bahan bakar yang rendah (UNEP, 2015). Gas buang kendaraan bermotor yang menambah beban pencemaran udara berupa gas CO, CO₂, NO₂, HC, partikel, Pb, dan asap foto kimia (Mukono dalam Ramadhani, 2016).

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 tahunnya tercatat 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. Artinya, dalam dua tahun terakhir tercatat penambahan 172.395 unit. Sedangkan pada juni 2017 angkanya menembus 1.463.056 unit. Kenaikannya lebih dari 100 persen dibandingkan data pada 2007 yang

1.613.315 unit. Pertumbuhan kendaraan bermotor di Kota Makassar pada kisaran 5-7% setiap tahunnya. Aktifitas 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 (wartaekonomi.co.id).

Angka pertumbuhan kendaraan dan pertumbuhan jalan yang timpang mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan di jalan raya. Pertumbuhan kendaraan berada di atas 10 persen, sedangkan pertumbuhan jalan hanya 0,01 persen. Tingginya angka pertumbuhan kendaraan bermotor dipicu mudahnya memiliki kendaraan. Tak heran jika hal tersebut memicu tingginya pencemaran udara di jalan raya. Sukmawati (2018) melakukan penelitian terkait konsentrasi NO_2 di beberapa ruas jalan di Kota Makassar. Salah satunya adalah di persimpangan MTC Karebosi. Kadar NO_2 pada 3 waktu yang berbeda yaitu pagi siang dan sore hari yang disertai dengan perhitungan volume kendaraan. Pada pagi hari, jumlah kendaraan yang melalui persimpangan ini adalah sejumlah 12.038 dengan kadar NO_2 yang terukur sebesar $89,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada siang hari, jumlah kendaraan sebanyak 7.619 dengan kadar NO_2 sebesar $85,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan pada sore hari, jumlah kendaraan sebanyak 11.300 dengan kadar NO_2 sebesar $90,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Penelitian yang dilakukan oleh Syaputri (2013) terhadap 70 Pedagang Kaki Lima (PKL) di Terminal Terpadu Amplas menyatakan bahwa dari 52 responden yang terpajan NO_2 dengan konsentrasi $\leq 57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 66,7%

responden menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan dan dari 18 orang terpajan NO_2 dengan konsentrasi $>57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 51,9% diantaranya



menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan. Namun pada perhitungan *Risk Quotient* (RQ), tidak ada yang menunjukkan nilai >1 yang bermakna bahwa tidak ada risiko kesehatan yang ditimbulkan akibat terpajan NO_2 . Sedangkan untuk faktor pajanan SO_2 , dari 19 orang yang terpajan SO_2 dengan konsentrasi $>447,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 89,5% diantaranya menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan dan dari 51 orang yang terpajan SO_2 dengan konsentrasi $\leq 447,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 43,1% diantaranya menunjukkan ada gangguan saluran pernapasan. Untuk perhitungan RQ, dari 70 orang responden, 42,9% diantaranya menunjukkan nilai >1 yang bermakna bahwa responden tersebut memiliki risiko kesehatan akibat terpajan SO_2 .

Ramdhani (2016) menjelaskan bahwa pengukuran yang dilakukan pada udara ambien sekitar Fly Over Jalan Sisingamangaraja Kota Medan menunjukkan kadar SO_2 sebesar $107,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan sebanyak 43 responden (61,4%) mengalami keluhan gangguan saluran pernapasan dengan batuk berdahak sebagai keluhan yang paling banyak (83,7%).

Jalan Penghibur terletak pada Kelurahan Maloku Kecamatan Ujung Pandang. Jalan ini merupakan jalan utama yang berada tepat di depan ikon Kota Makassar yaitu Pantai Losari yang telah menjadi salah satu destinasi wisata utama di kota ini. Hal ini membuat kawasan ini selalu ramai oleh pengunjung. Dengan tingkat pertumbuhan kendaraan Kota Makassar yang cukup pesat, tingkat kendaraan yang melintasi jalan juga kian meningkat.

bih lagi pada akhir pekan. Kawasan pantai losari yang merupakan salah



satu titik yang paling sering dipilih untuk berwisata kuliner menjadi padat akan kendaraan.

Jalan Penghibur dijadikan tempat berjualan oleh banyak pedagang dengan komoditas utamanya adalah *pisang epe*. Tidak hanya *pisang epe*, ada juga beberapa restaurant dan minmarket yang berada di sepanjang jalan Penghibur. Namun, hanya para pedagang *pisang epe* yang menggunakan gerobak terbuka sebagai tempat berjualannya sedangkan yang lain sudah berbentuk ruko ataupun berjualan ditempat yang tertutup. Tempat berjualan para pedagang *pisang epe* berada bersampingan langsung dengan ruas Jalan Penghibur. Jarak yang sangat dekat antara tempat berjualan dan ruas jalan tentu membuat pada pedagang sangat rentan akan keterpaparan terhadap emisi kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Penghibur. Berdasarkan hasil observasi, terdapat sekitar 80 Pedagang di sepanjang Jalan Penghibur dengan rata-rata waktu berdagang di lokasi tersebut selama 8 jam dan lama tahun mereka berjualan rata-rata 8 Tahun.

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 NO₂ sebagai salah satu emisi utama dari kendaraan bermotor.



B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu bagaimana tingkat risiko kesehatan pedagang *pisang epe* akibat terpajan gas NO_2 di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui risiko kesehatan pedagang *pisang epe* di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui konsentrasi gas NO_2 pada ruas Jalan Penghibur Kota Makassar
- b. Menganalisis nilai tingkat risiko (RQ) akibat terpapar gas NO_2 pedagang *pisang epe* di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar.
- c. Menganalisis nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) akibat terpapar gas NO_2 pedagang *pisang epe* di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber informasi, bahan bacaan, sumber kajian ilmiah, yang dapat menambah wawasan pengetahuan dan sebagai sarana bagi peneliti selanjutnya di



bidang kesehatan masyarakat, khususnya mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan pada populasi yang terpapar gas NO₂.

2. Manfaat Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat menjadi pengalaman yang sangat berharga dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi peneliti dalam menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama proses perkuliahan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar khususnya Departemen Kesehatan Lingkungan.



BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang NO₂

1. Sifat Fisik dan Kimia

Oksida Nitrogen (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida terdapat di udara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂ (Wardani, 2012). NO₂ merupakan gas yang dihasilkan selama pembakaran pada suhu tinggi yang menggunakan bahan bakar seperti bensin dan solar. Ketika bahan bakar bercampur dengan udara, terutama oksigen, NO₂ akan terbentuk.

Menurut Depkes RI (2000), sifat NO₂ antara lain : 1) berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam hingga menyengat hidung, 2) Kadar NO₂ di udara daerah dengan penduduk padat akan lebih tinggi dari daerah yang berpenduduk sedikit, 3) pada konsentrasi tinggi dapat bersifat toksik yang menyebabkan kerusakan paru-paru, 4) merupakan oksidator kuat



yang dapat bereaksi di udara membentuk asam nitrat yang dapat menyebabkan hujan asam.

2. Sumber dan Distribusi

Beberapa *nitrogen dioksida* terbentuk secara alami di atmosfer oleh petir dan beberapa dihasilkan oleh tanaman, tanah dan air. Namun, hanya sekitar 1% dari jumlah total *nitrogen dioksida* yang ditemukan di udara kota-kota kita dibentuk dengan cara ini. Dari seluruh jumlah oksigen nitrogen (NO_x) yang dibebaskan ke udara, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Akan tetapi pencemaran NO dari sumber alami ini tidak merupakan masalah karena tersebar secara merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah pencemaran NO yang diproduksi oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat pada tempat-tempat tertentu. Kadar NO_x di udara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi NO_x dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran dan kebanyakan pembakaran oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x buatan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas, dan bensin. Kadar NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari

tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor (Wardani, 2012).



Tabel 2.1
Sumber Pencemaran NO_x di Udara

Sumber Pencemaran	% bagian	% total
Transportasi:		39,3
- Mobil bensin	32,0	
- Mobil diesel	2,9	
- Kereta api	1,9	
- Kapal laut	1,0	
- Sepeda motor dll	1,5	
Pembakaran Stasioner:		48,5
- Batubara	19,4	
- Minyak	4,8	
- Gas alam (termasuk LPG)	23,3	
- Kayu	1,0	
Proses Industri		1,0
Pembuangan Limbah Padat		2,9
Lain-lain:		8,3
- kebakaran hutan	5,8	
- pembakaran batubara sisa	1,0	
- pembakaran limbah pertanian	0,0	

Sumber : Wardhana, 2004.

3. Pembentukan NO₂

Nitrogen Dioksida (NO₂) merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO, yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂. Udara terdiri dari 80% Volume nitrogen dan 20% Volume oksigen. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan nitrogen dan oksigen untuk bereaksi satu sama lainnya. Pada suhu yang lebih tinggi (diatas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk NO dalam jumlah banyak sehingga mengakibatkan pencemaran udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210 – 1.765°C, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting (Alamsyah, 2012).



Pembentukan NO_2 di udara dibentuk melalui suatu siklus yang dinamakan siklus fotolitik NO_2 . Tahapan-tahapan reaksi tersebut adalah sebagai berikut (Darmayasa, 2013) :

- a. NO_2 mengabsorpsi energi dalam bentuk sinar ultraviolet dan matahari.
- b. Energi yang diabsorpsi tersebut memecah molekul-molekul NO_2 menjadi molekul-molekul NO dan atom-atom oksigen (O). Atom oksigen yang terbentuk bersifat sangat reaktif.
- c. Atom-atom oksigen akan bereaksi dengan oksigen atmosfer (O_2) membentuk ozon (O_3) yang merupakan polutan atmosfer.
- d. Ozon akan bereaksi dengan NO membentuk NO_2 dan O_2 sehingga reaksi menjadi lengkap.

Pengaruh dari siklus tersebut diatas adalah terjadinya siklus NO_2 secara cepat, dan jika tidak terdapat reaktan lainnya di atmosfer, siklus tersebut tidak akan berpengaruh apapun. Sedangkan jika terdapat reaktan lainnya akan terjadi perubahan konsentrasi NO_2 di udara. Menurut Fardiaz (2012), konsentrasi NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari sinar matahari dan aktivitas kendaraan. Perubahan konsentrasi NO_x berlangsung sebagai berikut:

- a. Sebelum matahari terbit, konsentrasi NO dan NO_2 tetap stabil pada konsentrasi sedikit lebih tinggi dari konsentrasi minimum sehari-hari.
- b. Segera setelah aktivitas manusia meningkat (jam 6 – 8 pagi) konsentrasi NO meningkat terutama karena meningkatnya aktivitas

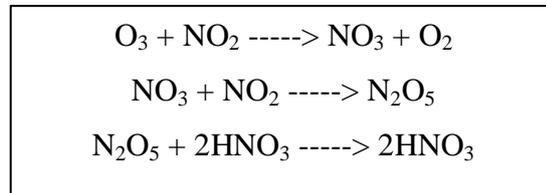


lalu lintas yaitu kendaraan bermotor. Konsentrasi NO tertinggi pada saat ini dapat mencapai 1-2 ppm.

- c. Dengan terbitnya sinar matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, konsentrasi NO_2 meningkat karena perubahan NO primer menjadi NO_2 sekunder. Konsentrasi NO_2 pada saat ini dapat mencapai 0,5 ppm.
- d. Konsentrasi ozon meningkat dengan menurunnya konsentrasi NO sampai kurang dari 0,1 ppm.
- e. Jika intensitas energi solar (sinar matahari) menurun pada sore hari (jam 5-8 sore) konsentrasi NO meningkat kembali.
- f. Energi matahari tidak tersedia untuk mengubah NO menjadi NO_2 (melalui reaksi hidrokarbon), tetapi O_3 yang terkumpul sepanjang hari akan bereaksi dengan NO. akibatnya, terjadi kenaikan konsentrasi NO_2 dan penurunan konsentrasi O_3 .
- g. Produk akhir dari pencemaran NO_x di udara dapat berupa asam nitrat, yang kemudian diendapkan sebagai garam-garam nitrat didalam air hujan atau debu. Merkanisme utama pembentukan asam nitrat dari NO_2 di udara masih terus dipelajari Salah satu reaksi dibawah ini diduga juga terjadi diudara tetapi diudara tetapi peranannya mungkin sangat kecil dalam menentukan jumlah asam nitrat di udara.
- h. Kemungkinan lain pembentukan HNO_3 didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon pada kadar NO_2 maksimum O_3



memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut:

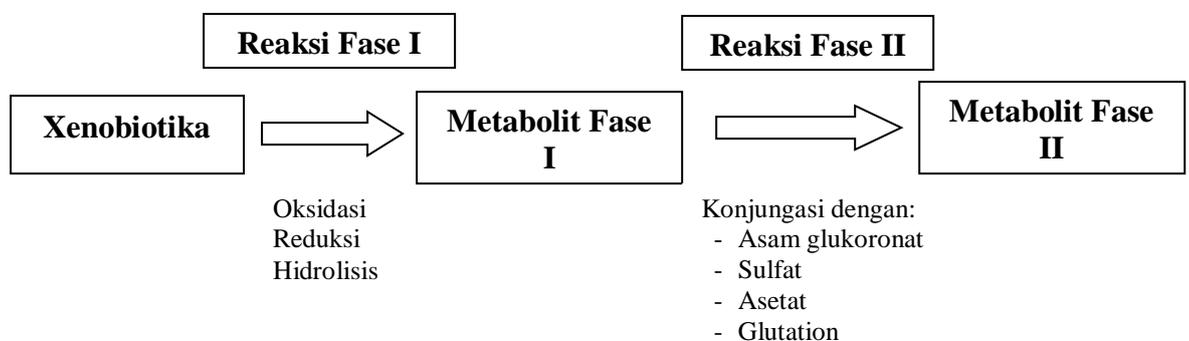


Reaksi tersebut diatas masih terus dibuktikan kebenarannya, tetapi yang penting adalah bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO₃ yang kemudian bereaksi membentuk partikel- partikel.

4. Biotransformasi

Secara umum biotransformasi dari suatu zat asing atau xenobiotika berlangsung dalam dua tahap/fase dan melibatkan beberapa enzim-enzim.

Proses biotransformasi xenobiotika secara umum adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1. Proses dan Reaksi Penting dalam Biotransformasi (Sumber: Wirasuta & Niruri, 2006)

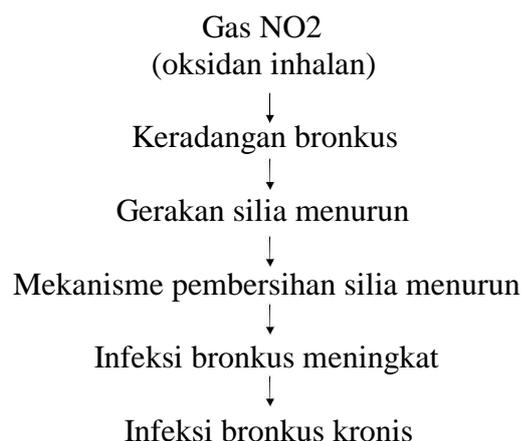
Reaksi-reaksi pada fase I biasanya mengubah molekul senyawa menjadi metabolit yang lebih polar dengan menambahkan atau memfungsikan suatu kelompok fungsional (-OH, -NH₂, -SH, COOH), melibatkan reaksi oksidasi, reduksi dan hidrolisis. Reaksi fase I ini juga



disebut dengan reaksi fungsionalisasi, sebab melalui reaksi fase ini (oksidasi, reduksi atau hidrolisis) menghasilkan suatu gugus fungsi, yang selanjutnya pada fase ke II akan terkonjugasi. Reaksi fase II melibatkan beberapa jenis metabolit endogen yang mungkin membentuk konjugat dengan xenobiotika atau metabolitnya. Hasil reaksi konjugasi bersifat sangat polar, sehingga sangat cepat tereksresi melalui ginjal bersama urin dan/atau melalui empedu menuju saluran cerna (Wirasuta & Niruri, 2006).

5. Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, dan Ekskresi NO_2

Inhalasi NO_2 dapat menyebabkan gangguan paru dan saluran pernapasan, kemudian dapat masuk ke dalam peredaran darah dan menimbulkan akibat di alat tubuh lain. Di dalam saluran pernapasan NO_2 akan terhidrolisis membentuk asam nitrit (HNO_2) dan asam nitrat (HNO_3) yang bersifat korosif terhadap mukosa permukaan saluran napas (Handayani dkk, dalam ramadhani 2016).



Gambar 2.2. Efek Paparan NO_2 terhadap Saluran Pernapasan (Sumber : Mukono, 2009)



Senyawa NO_2 yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur inhalasi kemudian akan masuk ke dalam paru-paru. Dari keseluruhan senyawa yang masuk 31-50% akan mengalami proses absorpsi atau penyerapan. NO_2 yang tersimpan dalam cairan paru dalam waktu lama dan mengalami proses reaksi dengan senyawa lain dan radikal bebas akan menyebabkan efek toksisitas. Jika senyawa sudah berada dalam paru-paru akan menyebar ke seluruh tubuh melalui darah. Hal tersebut terjadi karena gas NO_2 tidak terlalu reaktif dengan jaringan paru-paru, sehingga dapat memasuki aliran darah dan mungkin menimbulkan efek sistemik yang merugikan (Ewetz, 1993).

Percobaan yang dilakukan pada monyet yang terpapar NO_2 didapatkan hasil bahwa persistensi radioaktivitas N paru pada tingkat yang hampir tidak berubah selama periode pasca-eksposur hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi pengikatan polutan atau turunan kimianya didalam jaringan pulmonal. Pengikatan tersebut terjadi dari reaksi antara NO dan H_2O yang membentuk asam nitrat (HNO_2) dan HNO_3 (Ewetz, 1993).

NO_2 yang masuk melalui jalur inhalasi sebagian besar di ekskresi tubuh melalui urin dalam bentuk NO_3^- . Hal ini dapat dilihat dalam percobaan yang dilakukan menginjeksikan NO_2 ke dalam tubuh mencit. Dari percobaan didapatkan hasil bahwa 61% ditemukan dalam urin, 8% dalam tinja, 0,3% dalam gas yang dikeluarkan (NO , NO_2 , NH_3) dan 1,6%



dalam tubuh. Sedangkan sisanya sebanyak 30% tidak dapat di pulihkan (Ewetz, 1993).

6. Dampak Pencemaran NO₂

Pengaruh gas NO₂ dalam konsentrasi tinggi terhadap lingkungan akan menyebabkan udara di luar terlihat kecoklatan (*brown air cities*), hal ini akan memicu terbentuknya senyawa *photochemical smog* ketika NO₂ bereaksi dengan panas matahari dan hidrokarbon di udara. Senyawa itu antara lain ozon, aldehid, dan PAN (Peroksi asil nitrat). Penggunaan bahan bakar yang mengandung senyawa NO₂ memberikan dampak negatif pada lingkungan yaitu tingginya tingkat pencemaran di udara akibat emisi hasil proses pembakaran bahan bakar fosil (Riviwanto & Sani, 2017).

Selain berdampak pada lingkungan, pajanan nitrogen dioksida sangat berpengaruh pada saluran pernapasan. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa pajanan NO₂ selama 30 menit hingga 24 jam akan menimbulkan efek yang merugikan bagi pernapasan yaitu peradangan saluran napas pada orang sehat dan peningkatan gejala pada penderita asma. Beberapa studi juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara peningkatan konsentrasi NO₂ dengan peningkatan kunjungan rumah sakit dan UGD yang berkaitan dengan penyakit pernapasan terutama asma (US.EPA, 2015).

Oksida nitrogen seperti NO dan NO₂ berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada

O. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Diudara ambient yang normal, NO dapat



mengalami oksidasi menjadi NO_2 yang bersifat racun. Paru-paru merupakan organ yang paling peka terhadap pencemaran gas ini. Dalam konsentrasi tinggi NO_2 dapat membahayakan, umumnya dalam jangka waktu berada di tempat yang tidak terlindung hanya menyebabkan batuk-batuk, kelelahan, dan mual-mual ringan. NO_2 merupakan uap yang iritan yang menyerang selaput lendir pernafasan bagian atas. Iritasi selaput lendir menimbulkan sakit pada kelopak mata (*conjunctiva*). Efek lokal gas ini adalah iritasi pada mata, dan iritasi pada membran mukosa saluran pernafasan atas. Efek sistemik terjadi pada paru. Iritasi pada paru yang hebat menyebabkan *pulmonary edema*. Kerusakan pada *bronchioles* yang terjadi secara perlahan menyebabkan obstruksi pada saluran napas atas (Ismiyati, 2014).

Konsentrasi uap NO_2 yang tinggi dapat membahayakan, rasa sakit dan mencekik (*choking*), sewaktu-waktu terjadi refleks pernafasan dan kekejangan katup pangkal tenggorok (*glottis*), pengerutan cabang paru-paru yang mendorong terjadinya pingsan karena tidak bernafas. Kekejangan yang hebat atau edema pangkal tenggorok dapat mengakibatkan kematian. Bila keracunan tidak fatal, masa kesembuhannya biasanya lambat dan sering mendapat komplikasi seperti kelemahan umum (*asthenia*), serangan asma, bronchitis kronis yang kadang-kadang menjalar fibrosis paru-paru dan emphysema (sel-sel ringan terisi udara) dan kerja jantung tidak teratur. Apabila udara tercemar oleh gas NO_2 dan bereaksi dengan uap air maka akan menjadi



korosif dan memberikan efek terhadap mata, paru dan kulit (Ismiyati, 2014).

Terhadap alat pernafasan, Iritasi terhadap paru akan menyebabkan edema paru setelah terpapar oleh gas NO_2 selama 48-72 jam, apabila terpapar dengan dosis yang meningkat akan menjadi fatal. Terhadap mata, Iritasi mata dapat terjadi apabila NO_2 berupa uap yang pekat. Terhadap kulit, Iritasi terhadap kulit terjadi apabila kulit kontak dengan uap air nitrogenakan menyebabkan luka bakar. Efek lain (terhadap darah) Kadar nitrogen pada konsentrasi tertentu dapat bereaksi dengan darah.

Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistim syarat dan kekejangan. Penelitian lain menunjukkan bahwa tikus yang dipajan NO sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit, tetapi jika kemudian diberi udara segar akan sembuh kembali setelah 4-6 menit. Tetapi jika pemajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit, pengaruhnya tidak dapat dihilangkan kembali, dan semua tikus yang diuji akan mati. NO_2 bersifat racun terutama terhadap paru. (Wardani, 2012).

Konsentrasi NO_2 lebih tinggi dari 100 ppm bersifat letal terhadap kebanyakan hewan, dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala edema pulmonari. Konsentrasi NO_2 sebesar 800 ppm atau lebih mengakibatkan 100% kematian pada hewan-hewan yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemberian sebanyak 5 ppm NO_2 selama 10



menit terhadap manusia mengakibatkan sedikit kesukaran dalam bernapas (Fardiaz, 2012).

B. Tinjauan Umum Tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

1. Definisi Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

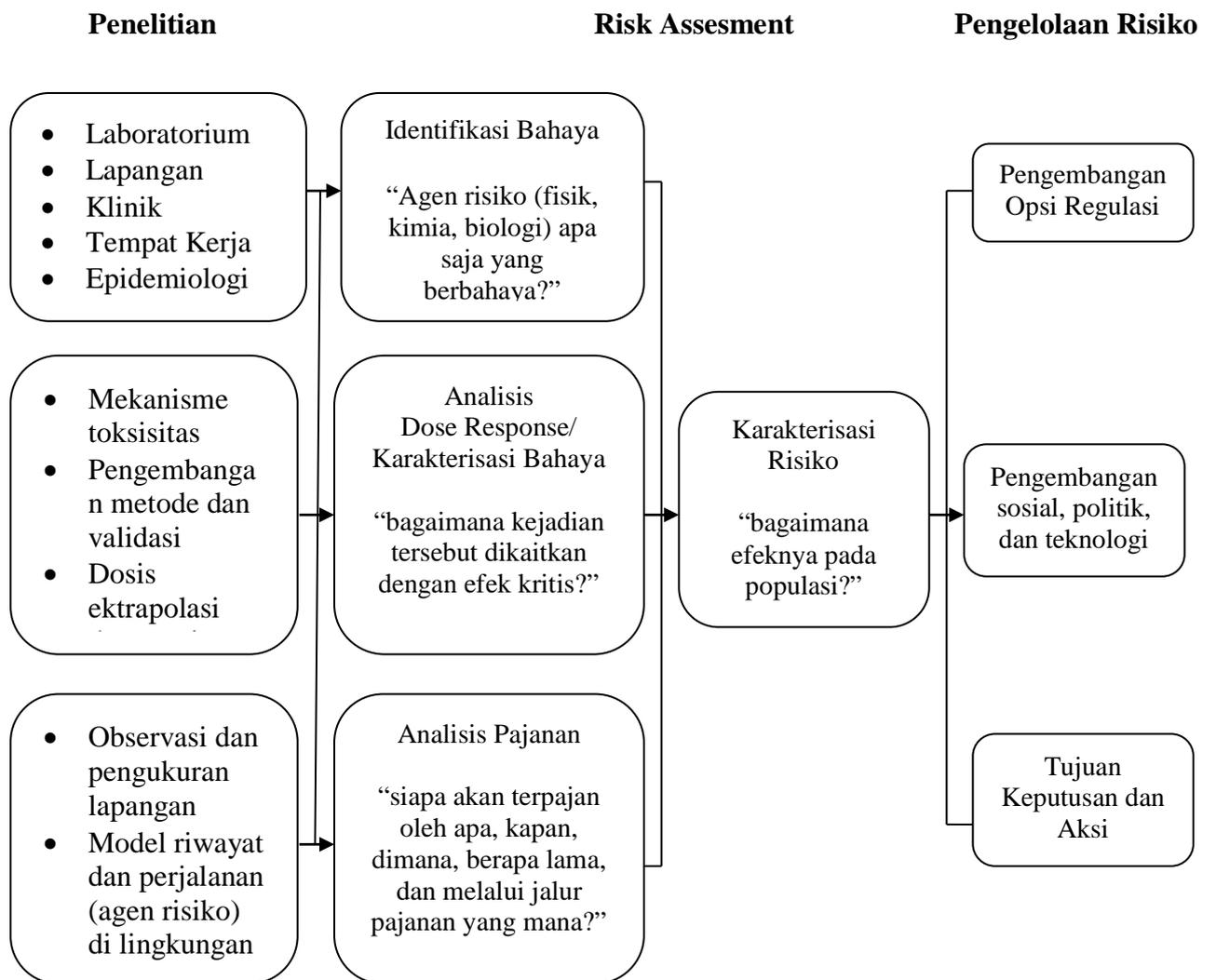
Di dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 876 Tahun 2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL), Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) didefinisikan sebagai suatu pendekatan untuk mencermati potensi besarnya risiko yang dimulai dengan mendeskripsikan masalah lingkungan yang telah dikenal dan melibatkan penetapan risiko pada kesehatan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan yang bersangkutan.

Pengertian dari analisis risiko adalah proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub) populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya setelah terpajan oleh agen tertentu dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik (Wardani, 2012). Analisis risiko menggunakan berbagai macam ilmu seperti *science*, *engineering*, *probability*, dan *statistic* untuk mengestimasi dan mengevaluasi seberapa besar dan seberapa mungkin risiko tersebut berdampak pada kesehatan dan lingkungan (Louvar, 1998 dalam alahdina, 2017).



2. Langkah-Langkah ARKL

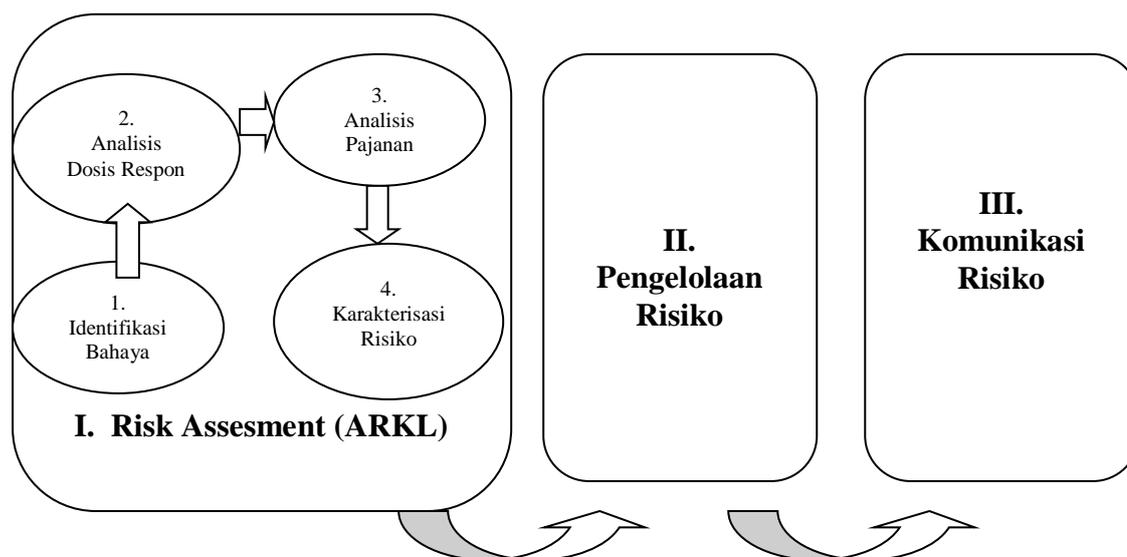
Pada dasarnya, ARKL terdiri atas empat langkah dasar yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pemajanan dan karakterisasi risiko.



Gambar 2.3 Proses *risk analysis* (Sumber: National Risk Council, 1986)



Pada gambar di atas diilustrasikan proses *risk analysis* secara utuh dimulai dari penelitian terkait agen risiko, dosis serta respon/efeknya terhadap kesehatan manusia yang dilakukan oleh peneliti. Sedangkan implementasi risk assessment atau ARKL dan pengelolaan risiko dilakukan oleh praktisi kesehatan lingkungan. Secara operasional, pelaksanaan ARKL diharapkan tidak hanya terbatas pada analisis atau penilaian risiko suatu agen risiko atau parameter tertentu di lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, namun juga dapat menyusun skenario pengelolaannya.



Gambar 2.4. Bagan **Analisis Risiko (*Risk Analysis*)**

Pada gambar di atas dijelaskan bahwa ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan output adalah karakterisasi risiko (dinyatakan sebagai tingkat risiko) yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan



berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak. Selanjutnya hasil ARKL akan dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai tindak lanjutnya.

a. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan langkah awal yang perlu dilakukan adalah untuk 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). Penelusuran dilakukan dengan pendekatan *agent oriented* dan juga dapat dengan mengamati gejala dan penyakit yang berhubungan dengan toksisitas agen risiko di masyarakat. Tipe penelusuran yang terakhir dikenal dengan pendekatan *disease oriented*. Dari dua tipe identifikasi bahaya tersebut, pendekatan *agen oriented* harus didahulukan. Dengan dua pendekatan tersebut identifikasi keberadaan agen risiko yang potensial dan aktual dalam media lingkungan tertentu sangat berguna untuk analisis dosis respons (Rahman, 2006).

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- respon 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. Analisis dosis – respon ini tidak harus dengan melakukan penelitian percobaan sendiri namun cukup dengan merujuk pada literature yang tersedia. Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk :

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

Dalam laporan kajian ARKL ataupun dokumen yang menggunakan ARKL sebagai cara/ metode kajian, analisis dosis – respon perlu dibahas dan dicantumkan. Analisis dosis – respon dipelajari dari berbagai *toxicological reviews*, jurnal ilmiah, atau



artikel terkait lainnya yang merupakan hasil dari penelitian eksperimental. Untuk memudahkan, analisis dosis – respon dapat dipelajari pada situs : www.epa.gov/iris

Uraian tentang dosis referensi (*RfD*), konsentrasi referensi (*RfC*), dan slope factor (*SF*) adalah sebagai berikut :

- 1) Dosis referensi dan konsentrasi yang selanjutnya disebut *RfD* dan *RfC* adalah nilai yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko, sedangkan *SF* (*slope factor*) adalah referensi untuk nilai yang aman pada efek karsinogenik.
- 2) Nilai *RfD*, *RfC*, dan *SF* merupakan hasil penelitian (*experimental study*) dari berbagai sumber baik yang dilakukan langsung pada obyek manusia maupun merupakan ekstrapolasi dari hewan percobaan ke manusia.
- 3) Untuk mengetahui *RfC*, *RfD*, dan *SF* suatu agen risiko dapat dilihat pada *Integrated Risk Information System (IRIS)* yang bisa diakses di situs www.epa.gov/iris.
- 4) Jika tidak ada *RfD*, *RfC*, dan *SF* maka nilai dapat diturunkan dari dosis eksperimental yang lain seperti NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*), MRL (*Minimum Risk Level*), baku mutu udara ambien pada NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*) dengan catatan



dosis eksperimental tersebut mencantumkan faktor antropometri yang jelas (Wb , tE , fE , dan Dt).

Satuan dosis referensi (RfD) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per kilogram (Kg) berat badan per hari, disingkat mg/kg/hari. Dalam literatur terkadang ditulis mg/kgxhari, mg/kg/hari, dan mg/kg-hari. Satuan konsentrasi referensi (RfC) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per meter kubik (M³) udara, disingkat mg/M³. Konsentrasi referensi ini dinormalisasikan menjadi satuan mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dan berat badan yang bersangkutan.

c. Analisis Paparan

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan Analisis paparan 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. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :



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

Notasi	Arti Notasi	Satuan	Nilai Default
<i>I_{nk}</i> (intake non karsinogenik)	Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu	mg/kg x hari	Tidak ada nilai default
	(kg) setiap harinya		
C (concentration)	Konsentrasi agen risiko pada media udara (udara ambien)	mg/m ³	Tidak ada nilai default
R (rate)	Laju inhalasi atau banyaknya volume yang masuk setiap jamnya	m ³ /jam	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dewasa: 0,83 m³/jam ▪ Anak-anak (6-12 tahun): 0,5 m³/jam
tE (time of exposure)	Lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap harinya	Jam/hari	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pajanan pada pemukiman: 24 jam/hari ▪ Pajanan pada lingkungan: 8 jam/hari ▪ ▪ Pajanan pada



				sekolah dasar: 6 jam//hari
fE (frequency of exposure)	Lamanya atau jumlah terjadinya setiap tahunnya	atau hari pajanan	Hari/tahun	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pajanan pada pemukiman: 350 hari/tahun ▪ Pajanan pada lingkungan: 250 hari/tahun
Dt (duration time)	Lamanya atau jumlah terjadinya pajanan	atau	Tahun	Residensial (pemukiman)/ pajanan seumur hidup: 30 tahun
Wb (weight of body)	Berat badan manusia /populasi / kelompok		Kg	Asia/Indonesia Dewasa: 55 kg Anak-anak: 15 kg
T_{avg} (time average)	Periode waktu rata-rata efek non-karsinogenik		Hari	30 tahun x 365 hari.tahun = 10.950 hari

d. Karakterisasi 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 yang tertentu) atau tidak. Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/ membagi *intake* dengan dosis /konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (*RfD*) / konsentrasi referensi (*RfC*) yang didapat dari literatur yang ada (dapat diakses di situs www.epa.gov/iris)

1) Karakterisasi Risiko pada Efek Non Karsinogenik

a) Perhitungan tingkat resiko non karsinogenik

Tingkat risiko untuk efek non karsinogenik dinyatakan dalam notasi *Risk Quotien (RQ)*. Untuk melakukan karakterisasi risiko untuk efek non karsinogenik dilakukan perhitungan dengan membandingkan / membagi *intake* dengan *RfC* atau *RfD*. Rumus untuk menentukan *RQ* adalah sebagai berikut :

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan

I (*Intake*) : Intake yang telah dihitung
 RfC : Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi

b) Interpretasi tingkat resiko non karsinogenik

Tingkat risiko yang diperoleh pada ARKL merupakan konsumsi pakar ataupun praktisi, sehingga perlu



disederhanakan atau dipilihkan bahasa yang lebih sederhana agar dapat diterima oleh khalayak atau publik. Tingkat risiko dinyatakan dalam angka atau bilangan desimal tanpa satuan. Tingkat risiko dikatakan AMAN bilamana $intake \leq RfD$ atau $RfCnya$ atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$. Tingkat risiko dikatakan TIDAK AMAN bilamana $intake > RfD$ atau $RfCnya$ atau dinyatakan dengan $RQ > 1$.

Narasi yang digunakan dalam penyederhanaan interpretasi risiko agar dapat diterima oleh khalayak atau publik harus memuat sebagai berikut:

- 1) Pernyataan risiko 'aman' atau 'tidak aman'
- 2) Jalur pajanan (dasar perhitungan) 'inhalasi' atau 'ingesti'
- 3) Konsentrasi agen risiko (dasar perhitungan), mis. '0,00008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ', '0,02 mg/l', dll
- 4) Populasi yang berisiko, mis. 'pekerja tambang', 'masyarakat di sekitar jalan tol', dll
- 5) Kelompok umur populasi (dasar perhitungan), mis. 'dewasa' atau 'anak – anak'
- 6) Berat badan populasi (dasar perhitungan), mis. '15 kg', '55 kg', '65 kg', '70 kg', dll
- 7) Frekuensi pajanan (dasar perhitungan), mis. '350 hari/tahun', '250 hari/tahun', dll



- 8) Durasi pajanan (dasar perhitungan), mis.yang terpajan selama '10 tahun', '30 tahun', dll

3. *Target Hazard Quotient (THQ)*

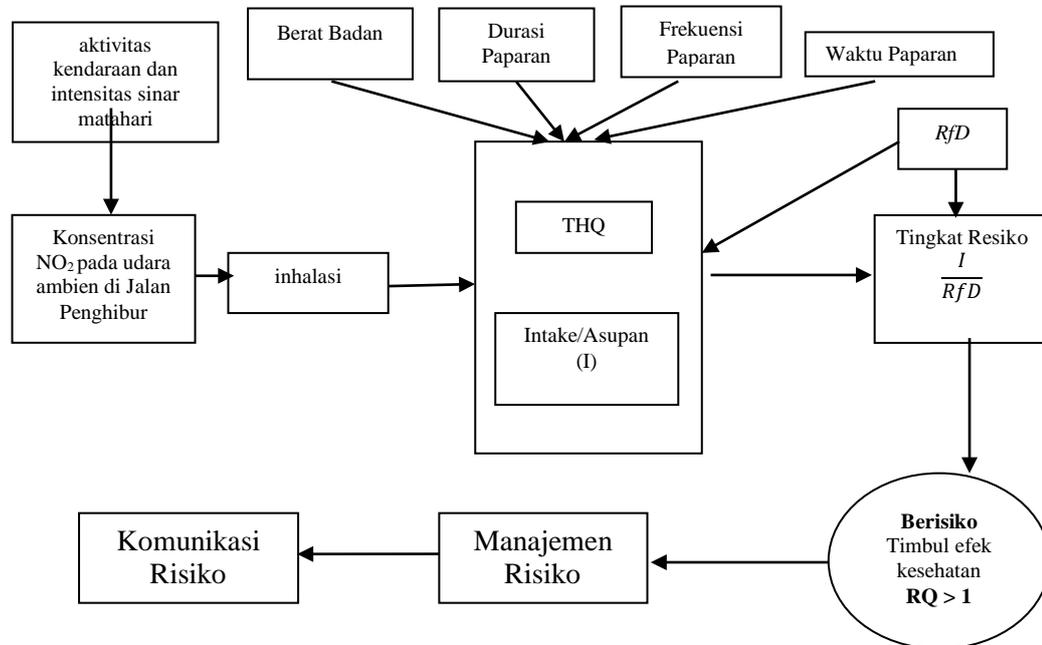
THQ adalah rasio potensi paparan suatu zat terhadap tingkat dimana tidak ada efek buruk yang diharapkan dapat terjadi dimasa mendatang. Ketika nilai THQ kurang dari atau sama dengan 1, maka dampak buruk bagi kesehatan bisa dikatakan tidak bermakna atau dapat diabaikan. Namun, ketika nilai THQ lebih dari 1, maka itu adalah penggambaran atau sebuah pernyataan sederhana apakah atau seberapa banyakkah konsentrasi paparan melebihi dosis referensi (RfC) yang telah ditentukan.

Keterpaparan gas NO₂ menjadi salah satu faktor risiko terganggunya kesehatan. *United States Environmental Protection Agency (US EPA)* dan *National Academy of Sciences* merekomendasikan agar nilai pajanan terhadap gas NO₂ tidak melebihi dari nilai RfC yang ditentukan yaitu 0,02 mg/kg/hari. Analisis risiko untuk risiko non-kanker biasanya dilakukan untuk mengestimasi potensi risiko kesehatan dari polutan dengan menggunakan *Target Hazard Quotient (THQ)*. Metode ini tersedia pada US-EPA Region III Risk Based concentration (Mallongi, 2014).



C. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini disajikan pada gambar 2.5



Gambar 2.5. Kerangka Teori (Sumber: Pedoman analisis risiko kesehatan lingkungan, DITJEN PP & PL, 2012, Wardani (2012), Darmayasa (2013))

Pada Gambar 2.5, digambarkan kerangka teori penelitian ini. Pada metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), yang pertama-tama perlu di cari tahu adalah konsentrasi zat pemapar yang dalam hal ini adalah NO₂. NO₂ yang merupakan salah satu gas emisi utama kendaraan bermotor, konsentrasinya sangat dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan di tempat pengambilan sampel serta intensitas cahaya matahari. NO₂ 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,

dan data-data lain terkait antropometri yaitu berat badan pedagang, nilai laju inhalasi orang dewasa, data aktivitas pedagang yaitu frekuensi, durasi



dan waktu terpapar serta nilai RfC dari NO₂. 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 *stake holder* terkait.

