

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA
PEDAGANG SARABBA AKIBAT PAJANAN GAS NO₂
DI SEPANJANG JALAN SUNGAI CEREKANG
KOTA MAKASSAR**

**ARYANGGA PRATAMA
K111 15 521**



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

DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

PERNYATAAN PENGESAHAN SKRIPSI
ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PADA PEDAGANG
SARABBA AKIBAT PAJANAN GAS NO² DI SEPANJANG JALAN
SUNGAI CEREKANG KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

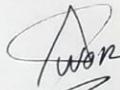
ARYANGGA PRATAMA
K11115521

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin
pada tanggal 6 September 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Anwar, S.KM., M.Sc., PhD
Nip. 19740816 199903 1 002


dr. Makmur Selomo, MS
Nip. 19561130 198601 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin


Dr. Suriah, S.KM., M.Kes
Nip. 197405202002122001

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Rabu Tanggal 6 September 2021.

Ketua : Prof. Anwar, S.KM., M.Sc.,PhD (.....)

Sekretaris : dr. Makmur Selomo, MS (.....)

Anggota :

1. Dr. Agus Bintara Birawida, SKel.,M,Kes (.....)

2. Dr. M Furqaan Naiem, M.Sc.,PhD (.....)

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aryangga Pratama
NIM : K11115521
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Pedagang *Sarabba* Akibat Pajangan Gas NO₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut

Makassar, 23 November 2021

Yang Menyatakan



Aryangga Pratama

RINGKASAN

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Makassar, Oktober 2021

Aryangga Pratama

“Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Pedagang *Sarabba* Akibat Pajangan Gas NO₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar”

(xvi + 93 halaman + 6 tabel + 9 gambar + 5 lampiran)

Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar merupakan tempat berdagang penjual *Sarabba* yang merupakan jalan tembusan dari Jalan Gunung Bawakaraeng ke Jalan Jend. M. Jusuf. Tempat berjualan para pedagang *Sarabba* tersebut berada bersampingan langsung dengan ruas Jalan Sungai Cerekang. 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 Sungai Cerekang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan pada pedagang *sarabba* akibat pajanan Gas NO₂ di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar. Penelitian ini menggunakan desain studi *cross-sectional* dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Teknik pengambilan sampel menggunakan *exhaustive sampling* dengan jumlah sebanyak 68 orang pedagang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NO₂ masih dibawah baku mutu yang ditetapkan sebanyak 13,50 µg/Nm³ pada sore hari dan 5,31 µg/Nm³ pada malam hari. Adapun nilai *Risk Quotient* (RQ) tidak melebihi 1 dengan nilai maksimal 0,10091477. Kesimpulan terhadap penelitian ini adalah risiko kesehatan lingkungan pada pedagang *sarabba* akibat pajanan gas NO₂ di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar masih berada di kategori aman.

Kata Kunci : ARKL, NO₂, Pedagang *Sarabba*

SUMMARY

FACULTY OF PUBLIC HEALTH

HASANUDDIN UNIVERSITY

Makassar, October 2021

Aryangga Pratama

**“Environmental Health Risk Analysis on Sarabba Traders Due to Display of
NO₂ Gas along Jalan Sungai Cerekang Makassar City”**

(xvi + 93 pages + 6 tables + 9 pictures + 5 attachment)

Jalan Sungai Cerekang Makassar is a trading place for Sarabba sellers, which is a passage from Jalan Gunung Bawakaraeng to Jalan Jend. M. Yusuf. The place for selling the Sarabba traders is directly adjacent to the Jalan Sungai Cerekang section. The very close distance between the place of sale and the road certainly makes traders very vulnerable to exposure to motor vehicle emissions that cross Jalan Sungai Cerekang. The purpose of this study was to analyze the environmental health risks of sarabba traders due to exposure to NO₂ gas along Jalan Sungai Cerekang, Makassar City. This study used a cross-sectional study design with the Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method. The sampling technique used exhaustive sampling with a total of 68 traders. The results showed that the concentration of NO₂ was still below the specified quality standard of 13.50 g/Nm³ in the afternoon and 5.31 g/Nm³ at night. The Risk Quotient (RQ) value does not exceed 1 with a maximum value of 0.10091477. This study concludes that the environmental health risks of sarabba traders due to exposure to NO₂ gas along Jalan Sungai Cerekang, Makassar City are still in the safe category.

Keywords : ARKL, NO₂, Sarabba Traders

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan hanya kepada Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya, Sholawat beserta salam kepada baginda Nabi Muhammad SAW sang Revolusioner sejati hingga akhir zaman. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada keluarga, kedua orangtua Bapak Al Gazali dan Ibu Haslindah Alimin dan kedua adik saya Aryan Wijaya dan Al Zaazili atas segala dukungan dan doa terbaiknya selama ini, 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 *Sarabba* Akibat Paparan Gas NO₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar”.

Penulis menyadari, begitu banyak kendala dan hambatan dalam menyusun skripsi ini. Namun, berkat arahan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik meskipun tak dapat dipungkiri masih banyak kekurangan di dalamnya. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Anwar, SKM.,M.Sc.,PhD selaku Pembimbing I dan dr. Makmur Selomo, MS selaku Pembimbing II atas kesediaannya meluangkan waktu, tenaga, semangat serta pikiran untuk senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terealisasikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis yaitu :

1. Dekan dan Wakil Dekan, serta seluruh Civitas Akademika FKM Unhas baik dari semua staf FKM Unhas atas kerja sama dan bantuannya selama penulis menempuh pendidikan di FKM Unhas serta semua Dosen FKM Unhas yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sangat berharga bagi penulis.
2. Ketua, Dosen-dosen, dan Staf Departemen Kesehatan Lingkungan FKM Unhas atas kerja sama dan bantuannya selama penulis menjadi mahasiswa jurusan Kesehatan Lingkungan FKM Unhas.
3. Bapak Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel.,M.Kes. dan dr. M.Furqaan Naiem, M.Sc.,PhD selaku penguji yang memberikan saran dan masukan kepada penulis.
4. Kepala Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Makassar beserta stafnya yang banyak membantu dalam proses eksperimen sampel lingkungan. Keramahan pelayanan dan pelajaran yang begitu berharga penulis ucapkan terima kasih.
5. Saudara seperjuangan Generasi Intelektual Muda Pengobar Semangat Perjuangan Mahasiswa (Gammara) FKM Unhas 2015, teman-teman posko PBL Desa Banrimanurung, kawan-kawan grup para Pelaku Sejarah yang telah mengajarkan arti ikatan kebersamaan yang tidak akan pernah putus dan yang telah memberikan segala ikhtiar terbaiknya dalam menjalankan dinamika struktural dan kultural dalam tubuh KM FKM Unhas.
6. Seluruh kawan-kawan seperjuangan dalam tubuh Keluarga Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddi (KM FKM UH) Khususnya jajaran Demisioner Pengurus Badan Eksekutif Mahasiswa

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Periode 2018-2019 yang telah kebersamai berada disudut perjuangan yang senantiasa tidak menjanjikan rasa aman, dari yang kita lalui penulis banyak belajar arti kehidupan terima kasih banyak.

7. Seluruh Keluarga Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Kesehatan Masyarakat Cabang Makassar Timur yang telah menjadi salah satu ruang belajar terbaik bagi penulis dalam mengelaborasi ilmu pengetahuan dan memupuk pengalaman belajar menjadi pribadi yang lebih baik
8. Saudara sekaligus kawan belajar sepenanggungan dan sepenenderitaan, Muhammad Fahmi Aziz, Andi Muh. Ilham, Muh. Danil Sahid Hidayatullah, Nurul Novi Pratiwi, yang senantiasa menemani dalam suka cita, tawa maupun duka dalam setiap proses menyelesaikan studi.
9. Kawan-kawan Goblin, Rewa, Venom dan Kassa khususnya Miftahunnisa D. Ilato, Renaldi, Nurul Rida Ainun, Alifah Nurfadhilah Sari, Andi Nurzakiyah Azhari, Andi Ariesti Fajriyanti, Syanisah Honora, Fakhiratunnisa Putri Oceani, Jennifer Irene Amorita Hadiono, Nurul Aulyah Paisal, Usman, Ahmad Rizaldi, Moch. Fikri Haikal, Ardyansyah Saputra Basri, Aldian, Andi Syahriadi Akbar adik-adik sekaligus teman penulis yang sering menemani dan membantu dalam proses penyelesaian skripsi.
10. Semua pihak yang membantu proses penyelesaian skripsi, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Proses yang begitu panjang dan melewati tantangan yang tidak mudah dilalui oleh penulis menjadi pelajaran yang sangat penting. Diawali dari proses identifikasi masalah, menemukan hipotesis hingga sampai pada kesimpulan adalah tahapan penulis menuju kepada pengetahuan hakiki yang menghasilkan kebenaran. Penulis menyadari bahwa jalan menuju kebenaran adalah bukan jalan setapak yang penuh dengan kemudahan namun jalan terjal berliku yang mengantarkan pada pencerahan.

Sampai pada ujung jalan, penulis menemukan bahwa masih banyak jalan yang perlu untuk dilalui untuk sampai pada kebenaran yang hakiki, yaitu Dia, Sang Pemilik Kebenaran. Maka dari itu, apabila dalam penelitian ini terdapat ketidaksempurnaan maka saya harap untuk dimaklumi. Hal ini tentunya berkenaan dengan keterbatasan-keterbatasan yang penulis miliki. Akhir kata, penelitian ini penulis harapkan tidak hanya menjadi sebuah buah pemikiran semata namun dapat memberi manfaat bagi kehidupan.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Makassar, Oktober 2021

Peneliti

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	10
C. Tujuan Penelitian	10
D. Manfaat Penelitian	11
BAB II TINJUAN PUSTAKA	12
A. Tinjauan Umum tentang NO ₂	12
B. Tinjauan Umum Tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.....	23
C. Kerangka Teori	36
BAB III KERANGKA KONSEP	38
A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian	38
B. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	41
BAB IV METODE PENELITIAN	43
A. Jenis Penelitian.....	43
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	43
C. Populasi dan Sampel	44
D. Instrumen Penelitian	46
E. Kualitas Data.....	47
F. Pengumpulan Data	47

G. Pengolahan Data	48
H. Analisis Data.....	48
I. Penyajian Data	50
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	51
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	51
B. Hasil	544
C. Pembahasan.....	63
D. Keterbatasan Penelitian.....	73
BAB VI PENUTUP	755
A. Kesimpulan	755
B. Saran	766
DAFTAR PUSTAKA	777
LAMPIRAN.....	801

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber Pencemaran NO _x di Udara.....	15
Tabel 5.1 Karakteristik Pedagang Sarabba Akibat Pajanan Gas NO ₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	55
Tabel 5.2 Pola Aktivitas Pedagang Sarabba Akibat Pajanan Gas NO ₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makssar Tahun 2021	56
Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Kadar Gas NO ₂ di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	57
Tabel 5.4 Volume Kendaraan di Sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	58
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan <i>Intake</i> Pada Pedagang Sarabba Akibat Pajanan Gas NO ₂ di Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses dan Reaksi Penting dalam Biotransformasi	18
Gambar 2.2 Efek Paparan NO ₂ terhadap Saluran Pernapasan	20
Gambar 2.3 Proses <i>risk analysis</i>	27
Gambar 2.4 Bagan Alir ARKL.....	28
Gambar 2.5 Modifikasi Kerangka Teori.....	36
Gambar 3.1 Kerangka Konsep.....	39
Gambar 5.1 Lokasi Penelitian.....	52
Gambar 5.2 Hasil Perhitungan <i>Risk Quotient Real Time</i> Pada Pedagang Sarabba Akibat Paparan Gas NO ₂ di Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	61
Gambar 5.3 Hasil Perhitungan <i>Risk Quotient Life Span</i> Pada Pedagang Sarabba Akibat Paparan Gas NO ₂ di Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar Tahun 2021	62

DAFTAR ISTILAH

Intake = adalah jumlah asupan yang diterima individu per berat badan per hari

DAFTAR SINGKATAN

ARKL	=	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
RQ	=	Risk Quotient adalah tingkat risiko untuk efek non karsinogenik
RfD	=	<i>Reference Dose</i>
RfC	=	<i>Reference Concentration</i>
US EPA	=	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WHO	=	<i>World Health Organization</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi Kegiatan
Lampiran 2	Kuesioner Penelitian
Lampiran 3	Surat Izin Penelitian
Lampiran 4	Hasil Uji Lab
Lampiran 5	Riwayat Hidup Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, keadaan, daya, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi alam itu sendiri, perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup yang lain. Pelestarian akan fungsi lingkungan hidup yang merupakan rangkaian upaya untuk memelihara kelangsungan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup. Terjadinya ketidakseimbangan yang menyebabkan pencemaran baik secara sengaja oleh orang-orang yang memiliki kepentingan pribadi maupun perbuatan tidak sengaja karena berkurangnya daya dukung alam, serta pencemaran yang terjadi baik di air maupun terkhususnya pencemaran di udara (Manurung, 2014).

Udara adalah suatu komponen yang paling utama dalam mempertahankan kehidupan. Karena metabolisme dalam tubuh suatu makhluk hidup tidak mungkin bisa terjadi tanpa oksigen dalam udara (Rohman, 2011). Pencemaran udara adalah kondisi terjadinya perubahan (penambahan dan pengurangan komposisi udara) dibandingkan keadaan normal dalam waktu, tempat dan konsentrasi tertentu sedemikian rupa sehingga mampu membahayakan kehidupan dan kesehatan masyarakat. Selain itu, memberikan sumbangan terhadap meningkatnya kejadian penyakit yang berkaitan dengan pernafasan, juga penyebab utama pencemaran udara tersebut merupakan gas buang dan partikulat dari aktifitas transportasi (Achmadi, 2008) .

Udara di alam tentu tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti nitrogen dioksida (NO_2), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), dan ozon (O_3) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan, dan lain sebagainya. Polutan alami tersebut disebabkan oleh polutan udara yang dapat disebabkan oleh aktivitas manusia. Polutan yang berasal dari kegiatan manusia secara umum dibagi dalam dua kelompok besar yaitu polutan primer (mencakup 90% jumlah polutan udara seluruhnya), dan polutan sekunder (Ay, 2014).

Udara merupakan faktor yang penting di dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Jika terjadi pencemaran udara yakni masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara dan sejak itulah manusia akan menerima dampak yang ditimbulkan oleh pencemar udara tersebut (Gusnita, 2012).

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

Salah satu sumber utama pencemar diperkotaan adalah emisi dari kendaraan bermotor. Dampak lingkungan yang dihasilkan salah satunya adalah polusi udara yang menyebabkan menurunnya kualitas udara ambien (Rangga, 2014). Peningkatan kebutuhan akan roda transportasi, baik transportasi barang dan atau transportasi penumpang, berakibat pada peningkatan penggunaan kendaraan bermotor terhadap kualitas udara menempati posisi pertama dalam urutan penyebab polusi udara (Suryanto, 2013).

Organisasi kesehatan dunia (WHO) menetapkan beberapa jenis polutan yang dianggap serius. Polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan serta mudah merusak harta benda adalah partikulat yang mengandung partikel, sulfur dioksida, hidrokarbon, 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* (WHO, 2004).

Permasalahan polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah mencapai titik yang mengkhawatirkan, terutama di kota-kota besar. Sumber yang bergerak seperti mobil penumpang, truk, bus, lokomotif kereta api, kapal terbang, dan kapal laut, saat ini, maupun dikemudian hari akan terus menjadi sumber yang dominan dari pencemaran udara di perkotaan. Masalah dalam pencemaran udara adalah emisi kendaraan bermotor dimana sebagian besar kendaraan bermotor ini menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) berupa premix, premium, solar yang mengandung timah hitam (*leaded*) berperan

sebagai penyumbang polusi cukup besar terhadap kualitas udara dan kesehatan (Suharto, 2012).

Polutan yang mencakup 90% dari jumlah polutan udara seluruhnya adalah polutan udara primer. Polutan udara primer dibedakan menjadi lima kelompok yaitu hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan partikel (Fardiaz, 2012). Menurut Babcock dalam Fardiaz (2012) Toksisitas kelima polutan tersebut berbeda-beda. HC memiliki toksisitas 2,07, SO_x memiliki toksisitas relatif 28,0, NO_2 memiliki toksisitas relatif 77,8, dan yang paling rendah toksisitasnya adalah CO dengan toksisitas relatif 1,00.

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 (NO_2) (Alamsyah, 2012). Pada temperatur yang lebih tinggi di dalam mesin kendaraan bermotor, terjadi reaksi yang membentuk nitrogen oksida (NO), yang kemudian terlepas sebagai gas buang dan masuk ke dalam atmosfer.

Parameter pencemaran udara untuk NO_2 dianalisis karena gas ini memiliki persentase yang cukup besar dalam pencemaran udara. NO_2 adalah gas yang sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia, bersifat racun, berbau tajam, menyengat hidung dan berwarna merah kecoklatan. Gas NO_2 banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor pada suhu tinggi, industri, dan pembangkit tenaga berbahan bakar fosil. Dampak negatif yang

paling berbahaya ditimbulkan oleh gas NO_2 adalah terjadinya pemanasan global dan hujan asam yang mampu berdampak langsung pada vegetasi, bangunan, tanah, badan air, dan kesehatan manusia itu sendiri (Lestari, 2013).

Data menunjukkan bahwa 14% anak pada usia 5-18 tahun diseluruh dunia memiliki penyakit asma yang berhubungan dengan polusi udara, 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).

WHO mengatakan bahwa 9 dari 10 orang di dunia menghirup udara tercemar setiap hari. Udara tercemar ini menjadi penyebab kematian sekitar 7 juta orang setiap tahunnya. Sekitar 33% kasus kematian stroke, kanker paru-paru dan penyakit jantung diakibatkan oleh polusi udara. 4 polutan utama yaitu *particulate matter*, sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan gas ozon. Partikulat dengan dengan ukuran ≤ 10 mikron dapat masuk dan mengendap di dalam paru-paru. Sedangkan gas ozon, nitrogen dioksida dan sulfur dioksida merupakan faktor utama yang menyebabkan asma atau memperburuk keadaan orang yang mengidap asma (WHO,2018). Salah satu akibat yang dapat ditimbulkan dari adanya pencemaran udara, yaitu munculnya penyakit saluran pernapasan dan penyakit kulit. Gangguan kesehatan akibat partikulat dan gas ini bermacam-macam tergantung dari jenis dan konsentrasi zat, lama pemaparan, dan ada atau tidaknya kelainan saluran pernapasan sebelumnya (Pujiastuti dkk, 2013).

Dampak udara yang tercemar oleh gas *nitrogen dioksida* tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tetapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO₂ 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. Ditinjau dari berbagai sektor yang potensial dalam mencemari udara, umumnya sektor transportasi memegang peran yang sangat besar dibandingkan sektor lainnya. (Saputra, 2009).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) Tahun 2010, informasi yang dipakai untuk mengindikasikan kondisi kualitas udara ambien salah satunya adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). ISPU adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan makhluk hidup lainnya. Kadar polutan yang didapatkan dari hasil pengukuran kemudian diubah ke dalam angka ISPU. Hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan kategori dari kualitas udara pada suatu kawasan. Sesuai dengan Keputusan Kepala Bapedal Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, ada 5 kategori yaitu baik pada rentang 0 – 50 dengan warna hijau, sedang pada rentang 51 – 100 dengan warna biru, tidak sehat pada rentang 101 – 199 dengan warna kuning, sangat tidak sehat pada rentang 199

– 299 dengan warna merah, dan berbahaya pada rentang 300 – 500 dengan warna hitam (Permatasari, 2014).

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 NO₂, HC, CO, CO₂, partikel, Pb, dan asap foto kimia (Mukono (2008) dalam Ramadhani 2016).

Efek dari NO₂ tergantung pada tingkat dan lamanya paparan. Paparan NO₂ sebesar 50 ppm dapat mengakibatkan batuk, hemoptisis, dispnea, dan nyeri dada. Jika terkena paparan NO₂ yang lebih tinggi dari 100 ppm, dapat menghasilkan edema paru yang dapat berakibat fatal atau dapat menyebabkan bronkiolitis obliterans. Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan kronis NO₂ dapat mempengaruhi individu untuk perkembangan penyakit paru kronis termasuk infeksi dan penyakit paru obstruktif (Wijayanti, 2012).

Meningkatnya jumlah penduduk Kota Makassar tiap tahunnya berdampak terhadap peningkatan kebutuhan masyarakat pada sektor transportasi dimana terjadi peningkatan jumlah kendaraan bermotor bahkan 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 hanya 613.315 unit. Pertumbuhan kendaraan bermotor di Kota Makassar berada 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 pelepasan (emisi) dari asap kendaraan bermotor (wartaekonomi.co.id).

Sukmawati (2018) melakukan penelitian terkait konsentrasi NO_2 di beberapa ruas jalan di Kota Makassar. Salah satunya adalah di persimpangan jalan MTC Karebosi. Sampel Kadar NO_2 diambil 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 Prasetyo M (2019) terhadap 80 Pedagang *Pisang Epe* di Jalan Penghibur menyatakan bahwa dari 80 responden yang terpajan NO_2 dengan konsentrasi rata-rata gas NO_2 pada ruas Jalan Penghibur di 3 titik pengukuran baik pada pengukuran sore hari maupun

malam hari masih berada dibawah nilai baku mutu yang ditetapkan dalam PP no. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara 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 akibat terpapar gas NO_2 tidak ada yang melebihi. Nilai Tingkat Risiko (RQ) pada pedagang pisang epe di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar akibat terpapar gas NO_2 tidak ada yang melebihi 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa para pedagang *pisang epe* di sepanjang Jalan Penghibur Kota Makassar tidak memiliki potensi risiko kesehatan.

Jalan Sungai Cerekang terletak pada Kelurahan Gaddong Kecamatan Bontoala Kota Makassar. Dengan tingkat pertumbuhan kendaraan Kota Makassar yang cukup pesat, tingkat kendaraan yang melintasi jalan juga kian meningkat, terlebih lagi pada akhir pekan. Jalan Sungai cerekang dijadikan tempat berjualan oleh banyak pedagang dengan komoditas utamanya adalah *Sarabba*. Tidak hanya *sarabba*, ada juga beberapa warung makan dan minimarket yang berada di sepanjang jalan Sungai Cerekang. Namun, hanya para pedagang *Sarabba* yang menggunakan tempat terbuka sebagai tempat berjualannya sedangkan yang lain sudah berbentuk ruko ataupun berjualan ditempat yang tertutup.

Tempat berjualan para pedagang *Sarabba* berada bersampingan langsung dengan ruas Jalan Sungai Cerekang. 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 Sungai

Cerekang. Berdasarkan hasil observasi, terdapat sekitar 32 kedai dan 68 Pedagang di sepanjang Jalan Sungai Cerekang 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 NO_2 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 *Sarabba* akibat terpajan gas NO_2 di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan pada pedagang *sarabba* akibat pajanan Gas NO_2 di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui konsentrasi gas NO_2 pada ruas Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar
- b. Mengetahui nilai Intake inhalasi pajanan Gas NO_2 pada pedagang *sarabba* di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar

- c. Menganalisis nilai tingkat risiko (RQ) akibat terpapar gas NO₂ pedagang *sarabba* di sepanjang Jalan Sungai Cerekang Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

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). Kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO₂. Pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂ (Wardani, 2012).

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).

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 (Wardani, 2012).

Nitrogen Dioksida (NO₂) merupakan salah satu prekursor pembentuk polutan sekunder berupa ozon. NO₂ mengalami siklus fotolitik dengan bantuan matahari membentuk O₃ dan sebaliknya. Siklus fotolitik tersebut dapat mengalami gangguan akibat adanya senyawa hidrokarbon yang bereaksi dengan NO sehingga kadar O₃ meningkat pada lapisan troposfer. Ozon yang berada di lapisan stratosfer (antara 15 dan 30 km di atas permukaan bumi) dikenal sebagai lapisan ozon yang berperan untuk menyerap sinar ultraviolet dari matahari sedangkan ozon di lapisan

troposfer merupakan gas pencemar beracun yang berdampak buruk bagi makhluk hidup (Dwiramawati *et al.*, 2018).

Gas NO₂ tidak seperti ozon dan polusi partikel yang bisa mempengaruhi wilayah luas. Gas NO₂ hanya tinggi pada sumber polusi udara (kendaraan bermotor ataupun industri). NO₂ pada lalu lintas yang ramai dapat mencapai kadar 2 kali lebih tinggi dibandingkan area perumahan atau lalu lintas yang kurang ramai. Berdasarkan hal ini maka orang yang paling mengalami efek dari pajanan NO₂ adalah mereka yang menghabiskan waktunya di atau dekat dengan jalan utama (EPA, 2011).

Kadar NO_x diudara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dari pada di udara pedesaan. Kadar NO_x diudara 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 NOx 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

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 berada 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. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dari proses pembakaran (Wardani, 2012).

Pada fase gas, nitrogen dioksida sebenarnya adalah campuran dari nitrogen dioksida (NO₂) dan dinitrogen tetroksida (N₂O₄). Pada 25°C, tekanan parsial kesetimbangan NO₂ dan N₂O₄ masing-masing adalah 0,15

atm dan 0,20 atm (Chang, 2005). Pembentukan NO_2 mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen. Pembentukan NO_2 dapat terjadi melalui dua mekanisme yang berbeda, yaitu formasi NO_2 dari konversi nitrogen yang terikat secara kimia di dalam bahan bakar dan formasi NO_2 dari fiksasi nitrogen atmosfer dalam proses pembakaran. Reaksi pembentukan NO_2 diawali dengan pembentukan NO . Ketika terlepas ke lingkungan, nitrogen monoksida ini bereaksi dengan oksigen di udara dan membentuk nitrogen dioksida (Haryanto & Triyono, 2012).

Tahapan-tahapan reaksi dalam pembentukan NO_2 di udara dibentuk melalui suatu siklus yang dinamakan siklus fotolitik NO_2 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.

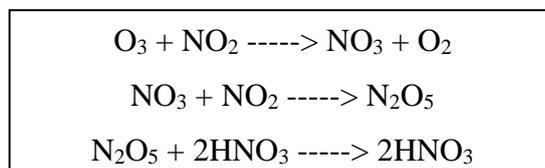
Menurut Fardiaz (2012), konsentrasi NO_x di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari sinar matahari dan aktivitas kendaraan. Pengaruh dari siklus tersebut di atas adalah terjadinya siklus NO_2 secara cepat, dan jika tidak terdapat reaktan lainnya di atmosfer, siklus

tersebut tidak akan berpengaruh apapun. Sedangkan jika terdapat reaktan lainnya akan terjadi perubahan konsentrasi NO_2 di udara. 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.

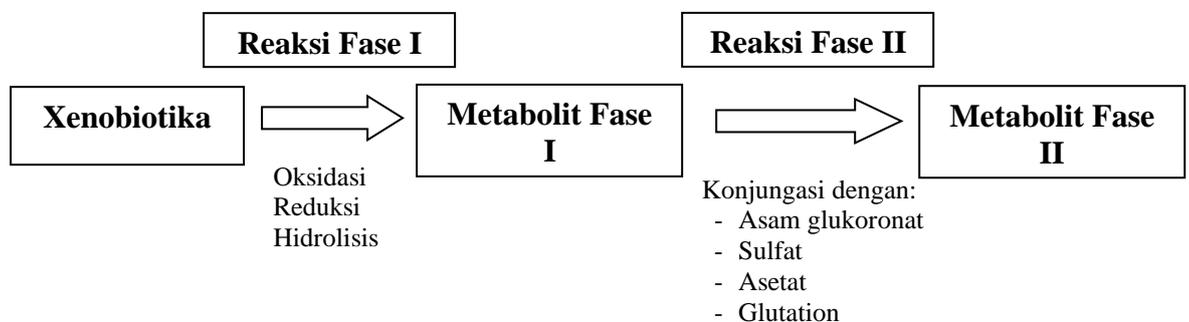
- h. Kemungkinan lain pembentukan HNO_3 didalam udara tercemar adalah adanya reaksi dengan ozon pada kadar NO_2 maksimum O_3 memegang peranan penting dan kemungkinan terjadi tahapan reaksi sebagai berikut:



- i. Reaksi tersebut diatas masih terus dibuktikan kebenarannya, tetapi yang penting adalah bahwa proses-proses diudara mengakibatkan perubahan NO_x menjadi HNO_3 yang kemudian bereaksi membentuk partikel-partikel.

4. Biotransformasi

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:



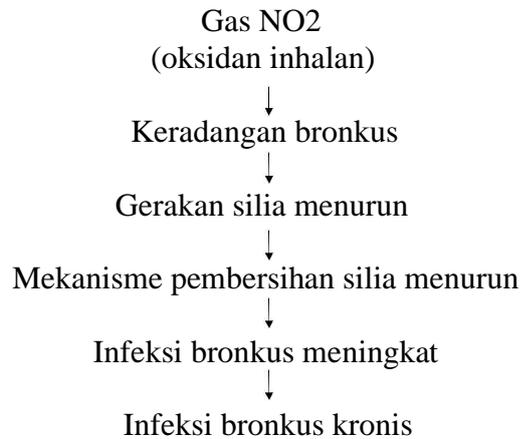
Sumber: Wirasuta & Niruri, 2006

Gambar 2.1 Proses dan Reaksi Penting dalam Biotransformasi

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 (oksidasi, reduksi atau hidrolisis) yang kemudian menghasilkan suatu gugus fungsi. Pada fase ke II akan terkonjugasi. Reaksi fase II melibatkan beberapa jenis metabolit endogen yang mungkin membentuk konjugat dengan xenobiotika atau metabolitnya. Pembentukan konjugat memerlukan adanya pusat-pusat reaktif dari substrat, biasanya gugus OH, -NH₂ dan -COOH. 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 NO₂

Inhalasi NO₂ dapat menyebabkan gangguan paru dan saluran pernapasan. Dari saluran pernapasan kemudian masuk ke dalam peredaran darah dan menimbulkan akibat di alat tubuh lain. Saluran pernapasan NO₂ akan terhidrolisis membentuk asam nitrit (HNO₂) dan asam nitrat (HNO₃) yang bersifat korosif terhadap mukosa permukaan saluran napas (Handayani dkk, dalam ramadhani 2016).



Sumber : Mukono, 2008

Gambar 2.2 Efek Paparan NO₂ terhadap Saluran Pernapasan

Senyawa NO₂ 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. NO₂ yang telah tersimpan dalam cairan paru dalam waktu lama akan mengalami proses reaksi dengan senyawa lain dan radikal bebas akan menyebabkan efek toksisitas. Jika senyawa sudah berada dalam paru-paru selanjutnya akan menyebar ke seluruh tubuh melalui darah. Hal tersebut terjadi karena gas NO₂ tidak terlalu reaktif dengan jaringan paru-paru, sehingga dapat memasuki aliran darah dan mungkin menimbulkan efek sistemik yang merugikan (Ewetz, 1993).

Berdasarkan studi dengan menggunakan binatang percobaan, pengaruh NO₂ yang membahayakan yaitu meningkatnya kepekaan terhadap radang saluran pernafasan yang dapat terjadi setelah mendapat paparan sebesar 100 µg/m³. Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar NO₂ sebesar 250 µg/m³ dan 500 µg/m³ dapat mengganggu fungsi saluran

pernafasan pada penderita asma dan orang sehat (Tugaswati, 2013). 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 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 tersebut 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 NO_2

Pajanan nitrogen dioksida selain berdampak pada lingkungan juga sangat berpengaruh pada saluran pernapasan. Bukti ilmiah menunjukkan pajanan NO_2 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 NO_2 dengan peningkatan kunjungan rumah sakit dan UGD yang berkaitan dengan penyakit pernapasan terutama asma (US.EPA, 2015).

Penelitian menunjukkan bahwa NO_2 empat kali lebih beracun daripada NO . Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Pada udara ambien 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 dan dalam jangka waktu berada di tempat yang tidak terlindung akan 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 jaringan 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).

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. Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO dengan dosis yang sangat tinggi, memperlihatkan gejala kelumpuhan sistim syarat dan kekejangan. 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)

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. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan masih jarang digunakan dalam kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan masyarakat. Kebanyakan analisis dilakukan secara konservatif dengan studi epidemiologi (Mukono, 2002).

Selama berabad-abad studi epidemiologi telah menjadi metoda investigasi penyakit infeksi di masyarakat (NRC 1983). Besar kemungkinan sebagian akademisi dan praktisi kesehatan masyarakat berpendapat bahwa epidemiologi merupakan satu-satunya metoda kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan. Oleh karena itu, dapat difahami jika masih banyak salah persepsi dan pemertukaran studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (EKL) dengan ARKL.

Ada beberapa ciri yang membedakan EKL dan ARKL, Dalam ARKL, pajanan *risk agent* yang diterima setiap individu dinyatakan sebagai *intake* atau asupan. Studi epidemiologi umumnya tidak perlu memperhitungkan asupan individual ini. ARKL, perhitungan asupan membutuhkan konsentrasi *risk agent* di dalam media lingkungan tertentu, karakteristik antropometri (seperti berat badan dan laju inhalasi atau pola konsumsi) dan pola aktivitas waktu kontak dengan *risk agent*. Dalam EKL konsentrasi dibutuhkan tetapi

karakteristik antropometri dan pola aktivitas individu bukan determinan utama dalam menetapkan besaran risiko. ARKL, risiko kesehatan oleh pajanan setiap *risk agent* dibedakan atas efek karsinogenik dan nonkarsinogenik dengan perhitungan yang berbeda. Dalam EKL, teknik analisis efek kanker dan nonkanker pada dasarnya sama. Dalam EKL, efek kesehatan (kanker dan nonkanker) yang ditentukan dengan berbagai pernyataan risiko (seperti *odd ratio*, *relative risk* atau *standardized mortality ratio*) didapat dari populasi yang dipelajari (Mukono, 2002).

ARKL tidak dimaksudkan untuk mencari indikasi atau menguji hubungan atau pengaruh dampak lingkungan terhadap kesehatan (kejadian penyakit yang berbasis lingkungan) melainkan untuk menghitung atau menaksir risiko yang telah, sedang dan akan terjadi. Efek tersebut, yang dinyatakan sebagai nilai kuantitatif dosis-respon, harus sudah ditegakkan lebih dahulu, yang didapat dari luar sumber-sumber populasi yang dipelajari, bahkan dari studi-studi toksisitas uji hayati (*bioassay*) atau studi keaktifan biologis *risk agent*. ARKL dalam besaran risiko (dinyatakan sebagai *RQ* untuk non-karsinogenik dan *ECR* untuk karsinogenik) tidak dibaca sebagai per-bandingan lurus (*directly proportional*) melainkan sebagai probabilitas. Dalam EKL pernyataan risiko seperti OR, RR atau SMR dibaca sebagai per-bandingan lurus. Jadi misalnya, $RQ = 2$ tidak dibaca sama dengan $OR = 2$. Kuantitas risiko nonkarsinogenik dan karsinogenik digunakan untuk merumuskan pengelolaan dan komunikasi risiko secara lebih spesifik. ARKL menawarkan pengelolaan risiko secara kuantitatif seperti penetapan baku mutu dan reduksi konsentrasi.

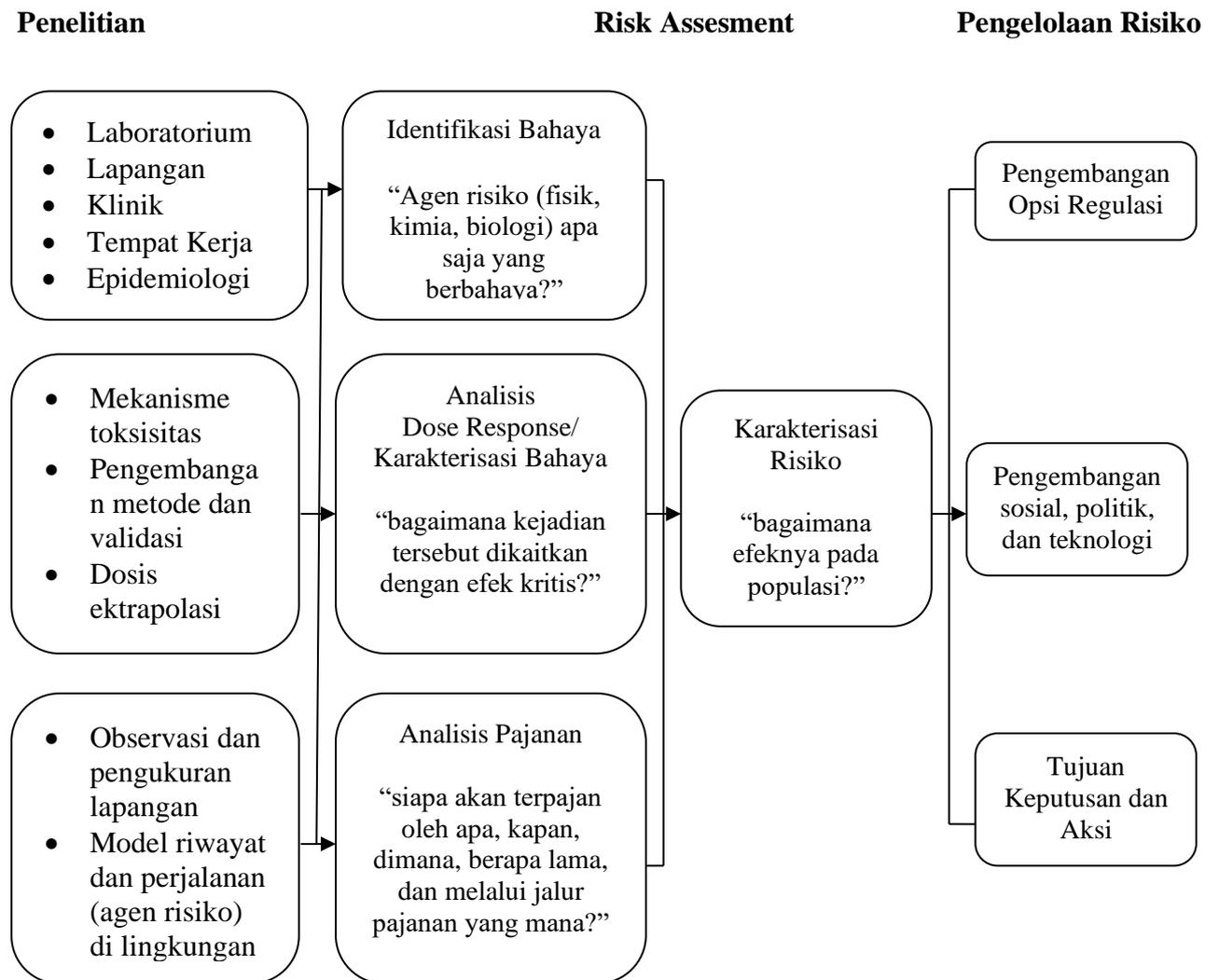
Pengelolaan dan komunikasi risiko bukan bagian integral studi EKL dan, jika ada, hanya relevan untuk populasi yang dipelajari (Mukono, 2002).

Epidemiologi Kesehatan Lingkungan umumnya dilakukan atas dasar kejadian penyakit (*disease oriented*) atau kondisi lingkungan yang spesifik (*agent orient-ed*), sedangkan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan bersifat *agent specific* dan *site specific*. Analisis risiko kesehatan lingkungan adalah proses perhitungan atau perkiraan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub)populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh *agent* tertentu, dengan memerhatikan karakteristik yang melekat pada *agent* itu dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik. Metode, teknik dan prosedur analisis risiko kesehatan lingkungan saat ini dikembangkan dari *Risk Analysis Paradigm* (NRC 1983).

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 memerhatikan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik (IPCS dalam 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 Falahdina, 2017).

2. Langkah-Langkah ARKL

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

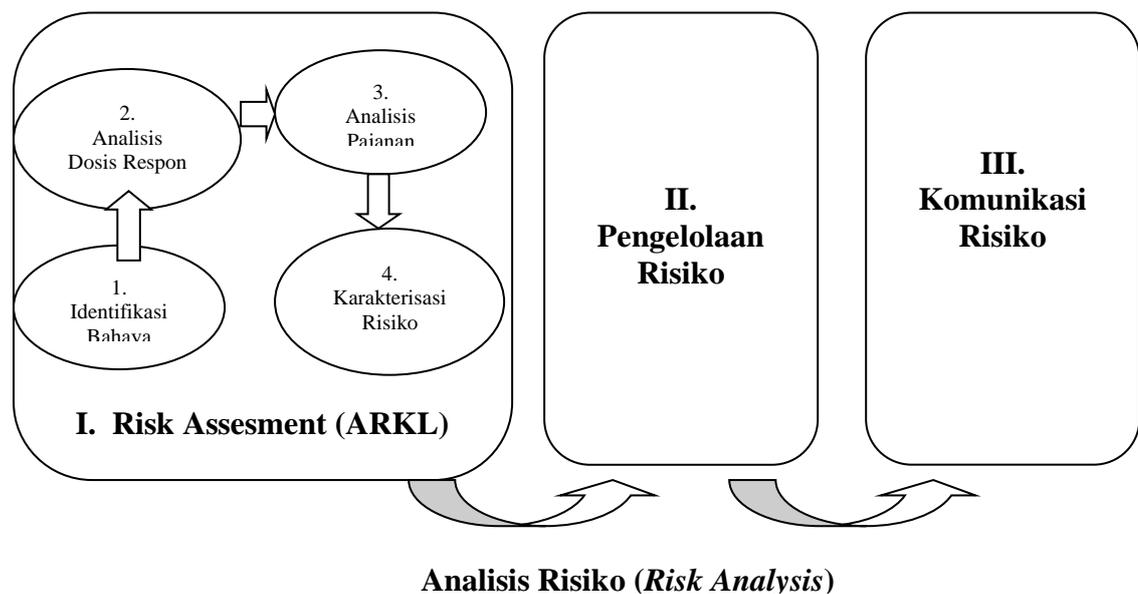


Sumber: National Risk Council, 1986

Gambar 2.3 Proses *risk analysis*

Pada gambar di atas dapat diilustrasikan bahwa 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 pengelolannya.



Gambar 2.4 Bagan Alir ARKL

ARKL pada gambar di atas menjelaskan bahwa 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 (Dirjen PP&PL, 2012).

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 (Dirjen 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. 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. 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 arah 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 <i>Default</i>
--------	-------------	--------	----------------------

<i>Ink (intake non karsinogenik)</i>	Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	mg/kg x hari	Tidak ada nilai default
<i>C (concentration)</i>	Konsentrasi agen risiko pada media udara (udara ambien)	mg/m ³	Tidak ada nilai default
<i>R (rate)</i>	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
<i>tE (time of exposure)</i>	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
<i>fE (frequency of exposure)</i>	Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya	Hari/tahun	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pajanan pada pemukiman: 350 hari/tahun ▪ Pajanan pada lingkungan: 250 hari/tahun
<i>Dt (duration time)</i>	Lamanya atau jumlah terjadinya pajanan	Tahun	Residensial (pemukiman)/pajanan seumur hidup: 30 Tahun
<i>Wb (weight of body)</i>	Berat badan manusia/populasi/kelompok Populasi	Kg	Asia/Indonesia Dewasa: 55 kg Anak-anak: 15 kg
<i>T_{avg} (time average)</i>	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 (Untuk memudahkan, 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 $RQ > 1$.

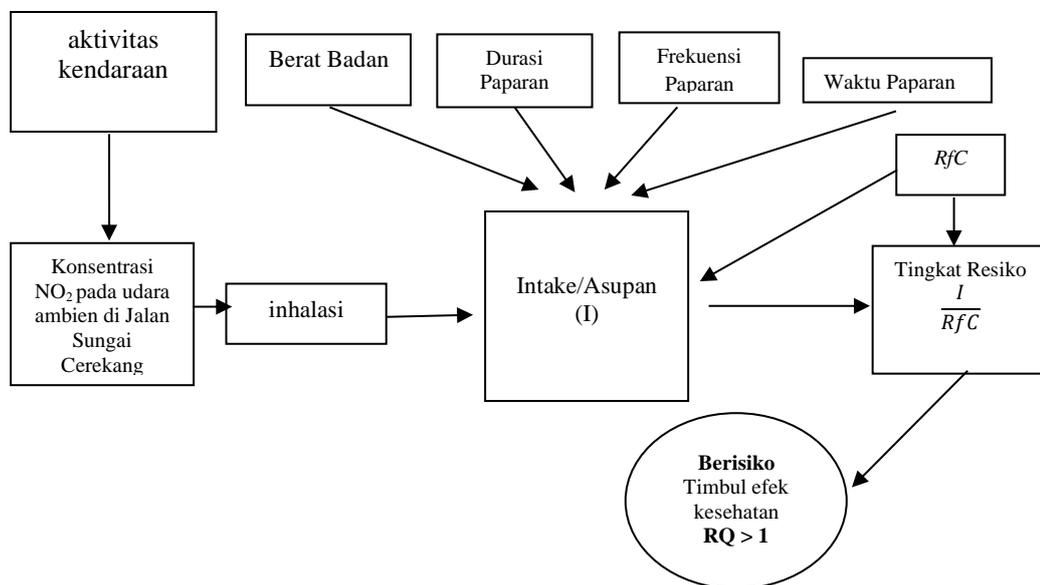
Narasi yang digunakan dalam penyederhanaan interpretasi risiko agar dapat diterima oleh khalayak atau publik harus memuat sebagai berikut:

- 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) □ ‘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

C. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini disajikan pada gambar 2.5



Sumber : Pedoman analisis risiko kesehatan lingkungan, DITJEN PP & PL, 2012, Wardani 2012

Gambar 2.5 Modifikasi Kerangka Teori

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 2 metode. Analisis *Intake*, RQ. Untuk melakukan kedua 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 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 untuk ditindaklanjuti.

BAB III

KERANGKA KONSEP

A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian

Dalam ARKL, sudah ditentukan formula untuk menghitung tingkat risiko. Pertama-tama kita harus mengetahui nilai intake dari agen pencemar. Untuk mengetahui nilai intake (I), ada variable-variabel yang harus diketahui nilainya terlebih dahulu. Namun ada juga nilai-nilai yang sudah memiliki standar tertentu atau sudah diatur. Variable yang perlu untuk digali secara langsung dilapangan ataupun dari responden yaitu konsentrasi agen pencemar, berat badan, waktu pemajanan, frekuensi pemajanan dan durasi pemajanan.

Konsentrasi agen pencemar harus diukur secara langsung pada lokasi tempat penelitian karena kondisi agen pencemar pada lingkungan akan sangat dinamis karena banyak faktor yang mempengaruhinya. Dalam hal ini, konsentrasi gas NO₂ di udara akan dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang melalui jalan sungai cerekang tersebut.

Berat badan juga memerlukan pengambilan data secara langsung dari populasi terkait yang dalam hal ini adalah para pedagang *sarabba*. Mengacu kepada rumus yang ada, berat badan merupakan bagian penyebut dari rumus. Ini berarti semakin berat seseorang maka nilai I akan semakin kecil. Begitupun sebaliknya. Untuk variable waktu pemajanan, frekuensi pemajanan dan durasi pemajanan, datanya harus diperoleh secara *real* berdasarkan keterangan dari responden terkait.