

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN
SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DAN NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI
KAWASAN INDUSTRI PT. SEMEN TONASA**

**ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL HEALTH RISK DUE TO EXPOSURE TO
SULFUR DIOXIDE (SO₂) AND NITROGEN DIOXIDE (NO₂) IN THE
INDUSTRIAL AREA OF PT. TONASA CEMENT**



**EVI APRIANTI RADJIMAN
K062222016**

**PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024**



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN
SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DAN NITROGEN DIOKSIDA (NO₂)
DI KAWASAN INDUSTRI PT. SEMEN TONASA**

EVI APRIANTI RADJIMAN

K062222016



PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN LINGKUNGAN

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL HEALTH RISK DUE TO EXPOSURE TO
SULFUR DIOXIDE (SO₂) AND NITROGEN DIOXIDE (NO₂) IN THE
INDUSTRIAL AREA OF PT. TONASA CEMENT**

EVI APRIANTI RADJIMAN

K062222016



STUDY PROGRAM MAGISTER OF ENVIRONMENTAL HEALTH

FACULTY OF PUBLIC HEALTH

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR, INDONESIA

2024

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN
SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DAN NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI
KAWASAN INDUSTRI PT. SEMEN TONASA**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi S2 Kesehatan Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

EVI APRIANTI RADJIMAN

K062222016

kepada

PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN LINGKUNGAN

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

TESIS

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DAN
NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI KAWASAN INDUSTRI PT. SEMEN TONASA

EVI APRIANTI RADJIMAN
K062222016

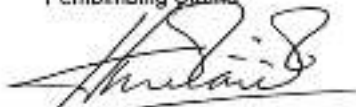
telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 18 Maret 2024 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi S2 Kesehatan Lingkungan
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes
NIP 196610121993031002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Emiliwati Ibrahim, SKM., M.Kes
NIP 197304192005012001

Ketua Program Studi S2
Kesehatan Lingkungan,



Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes
NIP 196610121993031002

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin,



Prof. Suka Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D
NIP:19720529 200112 1 001

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Sulfur Dioksida (SO₂) Dan Nitrogen Dioksida (NO₂) di Kawasan Industri Pt. Semen Tonasa" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes sebagai Pembimbing Utama dan Dr. Emiwati Ibrahim, SKM., M.Kes. sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka Tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di jurnal. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 2024



EVI APRIANTI RADJIMAN

NIM K062222016

Ucapan Terima Kasih

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes sebagai pembimbing 1 dan Dr. Erniwati Ibrahi, SKM., M.Kes. sebagai Pembimbing 2. Terima kasih juga saya sampaikan kepada bapak Prof. Anwar, SKM., M.Sc.,Ph.D, Prof. Dr. Atjo Wahyu, SKM.,M.Kes dan \ sebagai dewan penguji yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penyusunan tesis ini.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Laode Radjiman dan Ibu Kusnawati, dan saudara saudara saya, saya mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada teman yang selalu mensupport saya (Seluruh keluarga besar S2 Kesling kelas B), teman seperjuangan penelitian saya (Musdalifah) dan teman-teman Prodi S2 Kesehatan Lingkungan atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,

Evi Aprianti Radjiman

ABSTRAK

Evi Aprianti Radjiman. **ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DAN NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DI KAWASAN INDUSTRI PT. SEMEN TONASA** (dibimbing Oleh Anwar Daud Dan Emiwati Ibrahim)

Latar belakang. Emisi dominan yang dihasilkan dari proses pembuatan semen adalah partikel berupa debu dan gas seperti SO₂ dan NO₂. Sumber pajanan Gas Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada pabrik semen dapat ditemukan di unit produksi, seperti *reclamer, raw mill, pembakaran (pre-heater, rotary kiln, dan cooler), finish mill, dan packhouse.* **Tujuan.** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat serta pola spasial pajanan Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada masyarakat yang bermukim di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa. **Metode.** Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang menggunakan metode studi analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Lokasi penelitian dan tempat pengambilan sampel berada di 8 wilayah yaitu Desa Manglu, Desa Biring Ere, Kelurahan Sapanang, Kelurahan Samalewa, Desa Bulu Cindea, Desa Bowong Cindea, Kelurahan Bontoa, Desa Tarawang Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep). Sebanyak 160 responden (yang terdiri dari 80 anak-anak dan 80 dewasa) dan 8 sampel udara ambien yang diperiksa di PT Global Quality Analytical. Analisis data yang dilakukan dengan menghitung nilai intake, dan RQ. Jika RQ >1 maka dilakukan manajemen risiko. **Hasil.** Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat lokasi yang melebihi standar baku mutu konsentrasi SO₂ dan NO₂. Dengan rata-rata frekuensi pajanan 358 hari per tahun dan durasi pajanan 30 tahun, laju inhalasi anak-anak adalah 0,5 m³/jam dan dewasa 0,83 m³/jam. Selama periode lima hingga tiga puluh tahun, nilai rata-rata asupan SO₂ non-karsinogenik anak-anak adalah 0,0021 hingga 0,0127, dan nilai rata-rata asupan NO₂ adalah 0,0045 mg/kg/hari untuk anak-anak dan 0,0129 mg/kg/hari untuk orang dewasa. Sedangkan laju asupan *lifetime non karsinogenik* NO₂ proyeksi tahun ke 5 – 30 nilai mean untuk anak-anak yaitu 0,0024 – 0,0147 dan orang dewasa yaitu 0,0018 – 0,0106, rata-rata tingkat risiko yaitu RQ <1. **Kesimpulan.** Rata-rata tingkat risiko (Risk Quotient) pajanan SO₂ dan NO₂ di Kawasan industri PT. Semen Tonasa adalah RQ <1 sehingga dikatakan tidak berisiko terhadap Kesehatan Masyarakat yang tinggal disekitarnya.

Kata Kunci : SO₂; NO₂; Industri Semen; ARKL; Blikapal



ABSTRACT

Evi Aprianti Radjiman. ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL HEALTH RISK DUE TO EXPOSURE TO SULFUR DIOXIDE (SO₂) AND NITROGEN DIOXIDE (NO₂) IN THE INDUSTRIAL AREA OF PT. TONASA CEMENT (supervised by Anwar Daud and Erriwati Ibrahim)

Background. The dominant emissions from cement manufacturing process are particles of dust and gases such as SO₂ and NO₂. Sources of exposure to Sulfur Dioxide (SO₂) and Nitrogen Dioxide (NO₂) gas in cement factories can be found in production units, such as the reclaimer, raw mill, combustion (pre-heater, rotary kiln, and cooler), finish mill, and packhouse. **Aim.** This research aims to determine public health risks and spatial patterns of exposure to Sulfur Dioxide (SO₂) and Nitrogen Dioxide (NO₂) in communities living around the PT Industrial area Tonasa Cement. **Method.** This descriptive quantitative research uses the environmental health risk analysis (ARKL) study method. Eight regions were used for the research and sampling including Mangilu Village, Biring Ere Village, Sapanang Village, Samalewa Village, Bulu Cindea Village, Bowong Cindea Village, Bontoa Village, Tarawang Village, and Pangkajene Islands Regency (Pangkep). PT Global Quality Analytical evaluated eight ambient air samples and 160 respondents in total (80 adults and 80 children). By figuring out intake values and RQ, data analysis was completed in which that risk management takes place if RQ > 1. **Result.** Children and adults inhale at rates of 0.5 and 0.83 milligrams per hour, respectively; the average annual frequency of exposure is 358 days, and length of exposure is 30 years. For children and adults, respectively, the average real-time SO₂ intake rate is 0.0039 mg/kg/day and 0.0112 mg/kg/day. The lifetime intake rate of non-carcinogenic SO₂ is projected for years 5 - 30. Children's mean values range from 0.0021 to 0.0127, while adults' mean values range from 0.0015 to 0.0091. Concurrently, the lifetime intake rate of non-carcinogenic NO₂ is estimated for the years 5 through 30; the average risk threshold is RQ<1, and the mean value for children and adults is 0.0024 - 0.0147 and 0.0018 - 0.0106, respectively. **Conclusion.** The industrial area of PT. Semen Tonasa has an average risk level (Risk Quotient) of exposure to SO₂ and NO₂, which is less than 1. This indicates that there is no harm to the health of those in the vicinity.

Keywords: SO₂; NO₂; Cement Industry, EHRA



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	
UCAPAN TERIMA KASIH	
ABSTRAK BAHASA INDONESIA	
ABSTRAK BAHASA INGGRIS	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Teori Tentang SO ₂ dan NO ₂ serta Efeknya Terhadap Kesehatan Manusia..	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II METODE PENELITIAN	5
2.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	5
2.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	5
2.3 Pengumpulan Data.....	6
2.4 Prosedur Penelitian.....	6
2.5 Pengolahan, Penyajian dan Analisis Data.....	6
2.6 Etika Penelitian.....	8
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	9
3.1 Hasil Penelitian.....	9
3.2 Pembahasan.....	19
3.3 Keterbatasan Penelitian.....	24
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran Penelitian.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Distribusi Karakteristik Responden Dewasa di Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep) Tahun 2023 (N=80).....	9
Tabel 3. 2 Distribusi Karakteristik Responden Anak-anak di Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep) Tahun 2023 (N=80).....	10
Tabel 3. 3 Karakteristik responden berdasarkan berat badan dan pola aktivitas masyarakat di Kabupaten Pangkep 2023	13
Tabel 3. 4 Nilai Min, Max dan Mean ADD Non Karsinogenik Responden untuk Durasi Paparan SO ₂ di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa Kecamatan Pangkajene Kepulauan	13
Tabel 3. 5 Nilai Min, Max dan Mean ADD Non Karsinogenik Responden untuk Durasi Paparan NO ₂ di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa.....	14
Tabel 3. 6 Nilai Min, Max, dan Mean Risk Quotient (RQ) SO ₂ di Sekitar Kawasan Industri PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkajene Kepulauan 2023	15
Tabel 3. 7 Nilai Min, Max, dan Mean Risk Quotient (RQ) NO ₂ di Sekitar Kawasan Industri PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkajene Kepulauan 2023	15
Tabel 3. 8 Nilai RQ Lifetime SO ₂ masyarakat di Sekitar Kawasan Industri PT. Semen Tonasa	16
Tabel 3. 9 Nilai RQ Lifetime NO ₂ masyarakat di Sekitar Kawasan Industri PT. Semen Tonasa	16
Tabel 3. 10 Nilai Min, Max dan Mean Management Risiko di Sekitar Kawasan Industry PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkajene Kepulauan 2023	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Grafik Kualitas udara ambien parameter SO ₂ di Kabupaten Pangkajene Kepulauan 2023.....	11
Gambar 3. 2 Kualitas udara ambien parameter NO ₂ dan Data Metereologi di Kabupaten Pangkajene Kepulauan 2023.....	12
Gambar 3. 3 Keluhan Masyarakat Akibat Debu	18
Gambar 3. 4 Sebaran Tingkatan Risiko Realtime PM2.5 Responden	18
Gambar 3. 6 Gejala akut dan kronis akibat toksisitas oksida nitrogen (NO)	23

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udara yang mengandung sejumlah oksigen, merupakan komponen esensial bagi kehidupan, baik manusia maupun makhluk hidup lainnya. Udara merupakan campuran dari gas, yang terdiri dari sekitar 78% Nitrogen; 20% Oksigen; 0,93% Argon; 0,03% Karbon Dioksida (CO₂) dan sisanya terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metana (CH₄) dan Hidrogen (H₂) (Mukono, 2005). (Nurfadillah & Petasule, 2022)

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), 92% populasi dunia tinggal di tempat dengan tingkat kualitas udara melebihi batas yang direkomendasikan, misalnya kadar maksimum gas nitrogen dioksida (NO₂) yang diukur dalam 1 jam sebesar 200 µg/Nm³, belerang dioksida (SO₂) yang diukur dalam 24 jam sebesar 20 µg/Nm³ sedangkan untuk kadar maksimum gas karbon monoksida (CO) digunakan standar USEPA (U.S. Environment Protection Agency) (US-EPA, 2020), sebesar 40.000 µg/Nm³ untuk 1 jam pengukuran. Polutan udara yang dominan di lingkungan perkotaan adalah: SO₂, NO dan NO₂, CO, O₃, SPM (Suspended Particulate Matter) dan Pb (timbal) (Male, 2021).

Menurut World Health Organization (2020) 7,3 juta orang meninggal akibat pencemaran udara dan kasus tertinggi terjadi di kawasan Timur Tengah dan Asia tenggara dengan rata-rata tingkat pencemaran per tahun melebihi nilai ambang batas (Nurfadillah and Petasule, 2022). Di Indonesia, angka kematian akibat polusi udara lebih dari 60.000 kasus per tahun. polusi udara dapat menurunkan rata-rata angka harapan hidup orang Indonesia sekitar 1,2 tahun. Penyumbang terbesar polusi udara di Indonesia disebabkan oleh penggunaan batu bara, konsumsi bensin dan solar (Lee & Greenstone, 2021)

Udara yang tercemar dalam jumlah tertentu dan dalam waktu yang cukup lama dapat menimbulkan dampak kesehatan manusia, mengganggu kehidupan tumbuhan dan hewan. (Wenas et al., 2020). Sumber utama partikel adalah proses pembakaran bahan bakar dan proses-proses industri (Duppa et al., 2020). Pencemar udara antara lain yaitu CO, NO₂, SO₂, hidrokarbon dan partikulat. (Septian Maksun & Flora Ninta Tarigan, 2022). Aktivitas industri berpotensi untuk mencemari lingkungan, misalnya pencemaran udara yang berasal dari asap dan debu yang dapat menurunkan kualitas lingkungan yang pada gilirannya menurunkan kualitas hidup masyarakat yang bermukim di sekitar kawasan industri tersebut (Mallongi, 2021)

Salah satu industri yang pertumbuhannya cukup tinggi di Indonesia adalah industri semen, dimana dalam proses produksi menggunakan pemanasan dengan suhu tinggi. Bahan bakar utama yang digunakan berupa batubara serta bahan baku utama berupa kapur. Emisi dominan yang dihasilkan dari proses pembuatan semen adalah partikel berupa debu dan gas seperti SO₂ dan NO₂ (Ciobanu et al., 2021).

Gas NO₂ merupakan polutan yang cukup berbahaya dengan karakteristik berwarna cokelat kemerahan, berbau tajam, dan dapat menimbulkan iritasi mata dan sakit pada paru-paru. NO₂ terbentuk dari oksidasi gas Nitrogen Oksida (NO),

yang terpancar dari hasil pembakaran bahan bakar pada temperatur tinggi. (Dewapandhu & Pribadi, 2023). Sementara Sulfur dioksida (SO_2) adalah gas pencemar udara yang terdiri dari belerang dan oksigen. SO_2 terbentuk ketika bahan bakar yang mengandung belerang seperti batu bara, minyak, atau solar dibakar (Sembiring, 2020).

Menurut statistik, pabrik semen memproduksi 500.000 ton SO_2 , NO_2 , dan polutan CO ke atmosfer per tahun. Misalnya, debu berasal dari langkah pengepakan dan penyimpanan, mesin pengangkutan, dan peralatan penggilingan. Selain itu, NO_2 dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di tempat pembakaran semen. Keberadaan belerang dalam bahan mentah serta pembakaran senyawa belerang dalam bahan bakar fosil menyebabkan pelepasan SO_2 ke atmosfer. (Xinghan et al., 2022)

Sumber pajanan Gas Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Dioksida (NO_2) pada pabrik semen dapat ditemukan di unit produksi, seperti *reclaimer*, *raw mill*, pembakaran (*pre-heater*, *rotary kiln*, dan *cooler*), *finish mill*, dan *packhouse* (Kurniati et al., 2020). Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ardianarsya, Afiuddin and Apriani, 2016) pada PT. Semen Indonesia didapatkan parameter yang dominan dihasilkan dari tiap sumber emisi adalah partikulat, SO_2 dan NO_2 yang banyak dihasilkan pada proses *raw mill* dikarenakan di unit tersebut menggunakan batu bara sebagai bahan bakar proses produksi.

Analisis risiko kesehatan lingkungan Pajanan Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Dioksida (NO_2) dianggap penting dilakukan karena Pajanan SO_2 dan NO_2 jangka panjang dan jangka pendek dapat menyebabkan gangguan pernapasan. Salah satu penyakit yang timbul akibat pajanan NO_2 adalah Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK). (Kermani et al., 2017) Sementara Gas SO_2 apabila terhirup melalui pernapasan dan terakumulasi di dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan fungsi paru, iritasi dan asma dalam sistem pernapasan manusia ((Aji, 2020)

Berdasarkan hasil penelitian dari Ronald et al tahun 2020 di sekitar Kawasan Shopping Center Manado menunjukkan bahwa pajanan gas SO_2 pada PKL di kawasan tersebut secara life time ditemukan berisiko terhadap kesehatan. Pajanan gas NO_2 pada PKL baik secara real time maupun life time berisiko terhadap kesehatan Disarankan (Wenas et al., 2020) Penelitian lain oleh Ayu dan Suparjan (2022) mengenai analisis risiko Kesehatan lingkungan SO_2 dan NO_2 di ruas jalan wilayah bone bolango. Hasil analisis risiko menunjukkan tingkat risiko dari agen SO_2 , NO_2 , CO dan TSP berisiko untuk populasi anak-anak sampai 30 tahun mendatang (Nurfadillah & Petasule, 2022).

Selain melakukan analisis risiko, penting juga dilakukan pola spasial pada Masyarakat yang memiliki risiko pajanan SO_2 dan NO_2 dari kawasan industri semen. SIG adalah teknologi yang dapat digunakan dalam proses menyimpan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan kembali kondisi alam dengan bantuan data atribut dan spasial. (Devi MLS, 2020). Salah satu industri semen terbesar di Kawasan Timur Indonesia adalah PT. Semen Tonasa yang menempati lahan seluas 715 hektar di Desa Biringere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep. (Mallongi, 2021). Pada area sekitar industri PT. Semen Tonasa

Kabupaten Pangkep, terdapat permukiman masyarakat yang sangat berpotensi terjadi pencemaran udara dan gangguan kesehatan yang berasal dari aktivitas industri semen.

Dampak negatif yang ditimbulkan dari bahan pencemar dapat diperkirakan besar risiko kesehatannya. Untuk mengetahui seberapa besar risiko kesehatan yang ditimbulkan maka dilakukan penelitian mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan dan pola spasial pajanan Sulfur Dioksida (SO_2) dan Nitrogen Dioksida (NO_2) yang berasal dari industri PT. Semen Tonasa..

1.2. **Teori Tentang SO_2 dan NO_2 serta Efeknya Terhadap Kesehatan Manusia**

SO_2 mayoritas berasal dari kegiatan manusia akibat pembakaran bahan bakar fosil, batu bara, dan minyak. Sebagian kecil juga berasal dari kegiatan alam berupa aktivitas vulkanik gunung berapi, emisi biogenik H_2S dan evaporasi air laut. Pajanan SO_2 di dalam dan luar ruangan dapat menyebabkan penyakit saluran pernapasan. Kelarutan SO_2 yang tinggi akan mengakibatkan iritasi yang parah pada saluran pernapasan dan mata. Efek pajanan SO_2 timbul dari pajanan industri, pajanan SO_2 dari industri dapat menyebabkan penurunan fungsi paru-paru. Selain itu efek asap batu bara dari industri dapat mengakibatkan efek mutagenik pada makhluk hidup (Mukono, 2019). SO_2 dapat merusak fungsi paru-paru dalam kadar 25 mg/m^3 di lingkungan hanya dalam waktu 10 menit (Tampa et al., 2020).

Nitrogen merupakan kandungan udara terbanyak di atmosfer yakni sebesar 78%. Nitrogen memiliki beberapa bentuk oksida, yaitu : Nitrus Oxide (NO) merupakan sebagai gas normal yang berada di udara, dengan kadar sekitar 940 mg/m^3 (500 ppb) dan Nitrogen Pentoksida (N_2H_5) sebagai gas yang secara alamiah ada di udara dan terlibat pada siklus nitrat serta penting dalam pertumbuhan organik. Aktivitas manusia yang menghasilkan Nitrogen Oksida (NO) dan Nitrogen Dioksida (NO_2) diantaranya adalah penggunaan bahan bakar minyak. Gas NO di atmosfer bereaksi dengan Oksigen menghasilkan gas NO_2 . (Aji, 2020)

Umumnya efek kesehatan akibat keracunan gas NO_2 adalah iritasi. NO_2 dapat menimbulkan iritasi mata, hidung, tenggorokan dan saluran napas. Meskipun kadar NO_2 rendah, tetapi dapat memberikan gangguan kesehatan diantaranya gangguan fungsi alat pernapasan dan penurunan fungsi serta dapat memicu asma. NO_2 yang mengontaminasi paru-paru dapat menyebabkan pembengkakan, sehingga penderita yang terpapar akan sulit bernapas yang dapat mengakibatkan kematian (Nugroho, 2022).

1.3. **Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, peneliti merumuskan masalah yaitu bagaimana risiko kesehatan masyarakat serta pola spasial pajanan SO_2 dan NO_2 yang tinggal di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa dan seberapa besar risiko kesehatan yang ditimbulkan.

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat serta pola spasial pajanan Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada masyarakat yang bermukim di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa.

1.3.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada udara di wilayah pemukiman sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa.
- b. Menganalisis risiko kesehatan masyarakat akibat pajanan Gas Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) yang tinggal di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa.
- c. Mengetahui pola spasial risiko kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri PT. Semen Tonasa.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan peneliti dari penelitian ini, yaitu:

1.5.1. Manfaat Ilmiah

Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi akademisi, khususnya bidang toksikologi lingkungan, serta dapat menjadi rujukan dalam pengembangan penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) pada industri semen dan mengetahui dampaknya terhadap kesehatan manusia.

1.5.2. Manfaat Institusi

Menjadi sumber informasi, bahan evaluasi, dan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait dengan manajemen risiko kualitas lingkungan dan risiko kesehatan masyarakat khususnya yang bermukim di wilayah kawasan Industri PT. Semen Tonasa.

1.5.3. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai dampak kesehatan akibat dari pajanan Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) bagi masyarakat, serta dapat menjadi sarana pengembangan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama proses perkuliahan.