

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

World Health Organization (WHO) menyebutkan bahwa polusi udara merupakan suatu permasalahan utama dalam pencemaran lingkungan. Setiap tahun polusi udara baik luar atau dalam ruangan menyebabkan 7 juta kematian. Kematian yang disebabkan oleh polusi udara 3 kali lebih besar dibandingkan dengan kematian yang disebabkan oleh malaria, TBC dan AIDS. Polusi udara menyebabkan kematian akibat penyakit jantung sebanyak 25 %, stroke 24 % dan penyakit paru obstruktif 43%, 29% kanker paru (*WHO, 2024*). Meningkatnya jumlah alat transportasi kendaraan bermotor menyebabkan meningkatnya pencemaran udara. Polutan gas buang kendaraan bermotor berupa gas CO, CO₂, NO, SO, serta Pb merupakan penyebab pencemaran udara (*Rizaldi et al., 2022*). Menurut estimasi *World Health Organization (WHO)* beban penyakit akibat polusi udara, lebih dari dua juta kematian dini setiap tahun dapat dikaitkan dengan efek polusi udara luar kota dan polusi udara dalam ruangan. Beberapa studi epidemiologi telah menggambarkan bahwa paparan polusi udara berkorelasi dengan peningkatan risiko rawat inap dan kematian pada individu dengan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (*Maherdyta et al., 2022*).

Transportasi sangat memegang peranan penting dalam aktivitas manusia, baik transportasi laut, udara, maupun darat. Jumlah penduduk dan ketersediaan sarana-prasarana sangat berkaitan erat dengan kepadatan lalu lintas alat transportasi (*Satya Graha & Widyasari, 2023*). Makin banyak jumlah kendaraan bermotor yang digunakan pada wilayah tertentu, maka makin tinggi pencemaran udara pada wilayah tersebut (*Raming et al., 2022*). Seperti yang dinyatakan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023, jumlah kendaraan jelas merupakan faktor utama yang memengaruhi tingkat pencemaran udara yang dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan bermotor terus meningkat karena tingkat pendapatan yang meningkat. Ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tidak dipenuhi oleh semua kendaraan bermotor. Pencemaran udara akibat sektor transportasi telah memberikan kontribusi sebesar 80% diikuti oleh emisi dari industri, kebakaran hutan dan aktivitas rumah tangga (*Asri et al., 2022*). Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) oleh sektor transportasi diketahui dapat menimbulkan dampak besar terhadap lingkungan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021), emisi kendaraan bermotor berkontribusi sebesar 70 persen terhadap pencemaran nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂) dan partikulat (PM) di wilayah perkotaan.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada 5 tahun terakhir tahun 2018-2020 jumlah kendaraan bermotor mengalami peningkatan. Tahun 2021 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menurut data BPS adalah 141.992.573, pada tahun 2022 meningkat menjadi 148.261.817, dan tahun 2023 meningkat menjadi 157.080.504 kendaraan bermotor (BPS, 2024). Meningkatnya kendaraan bermotor di Indonesia dapat menyebabkan peningkatan kadar CO udara karena gas CO merupakan salah satu polutan gas yang dibuang kendaraan bermotor. Hasil penelitian yang dilakukan di Terminal Arjosari menunjukkan bahwa konsentrasi CO di terminal Bus Arjosari dipengaruhi oleh jumlah kendaraan bermotor dimana berdasarkan hasil analisis antara jumlah kendaraan bermotor dengan konsentrasi gas CO memiliki hubungan yang berbanding lurus (Wirosoedarmo et al., 2020).

Daerah dengan kondisi yang ramai dan lalu lintas padat umumnya memiliki konsentrasi polutan udara yang tinggi akibat aktivitas kendaraan bermotor dan aktivitas manusia. Polutan utama yang sering teridentifikasi di lingkungan tersebut adalah karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Terjadinya kemacetan lalu lintas dapat meningkatkan konsentrasi pencemar ke udara ambien, kontribusi terbesar karbon monoksida di udara ambien adalah kendaraan bermotor (Abdou et al., 2025). Hasil penelitian Amare et al. (2024) menyebutkan bahwa konsentrasi karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) di daerah perkotaan umumnya lebih tinggi dibandingkan daerah pedesaan, hal tersebut diakibatkan karena tingkat aktivitas manusia di daerah perkotaan lebih tinggi dibanding pedesaan yang akan meningkatkan konsentrasi CO dan NO₂ di udara ambien salah satunya aktivitas transportasi. Penelitian lain oleh Duggan (2024) yang dilakukan di jalan raya utama di London menyatakan adanya hubungan positif antara konsentrasi kadar CO dengan arus lalu lintas. Polusi udara dari kendaraan bermotor secara signifikan menurunkan fungsi paru pada populasi yang terpapar (Meo et al., 2024).

Gas karbon monoksida (CO) merupakan suatu gas yang sangat beracun, tidak berbau, tidak berwarna dan mudah terbakar. Karbon monoksida berasal dari sisa tidak sempurnanya pembakaran kendaraan bermotor (Wahab et al., 2023). Jika terhirup oleh manusia gas karbon monoksida sangat berbahaya karena akan mengikat oksigen yang berkaitan dengan hemoglobin pada darah (Agustina et al., 2021). Karbon monoksida (CO) menjadi polutan udara yang paling umum dihasilkan akibat gas buang transportasi dan tersebar luas di lingkungan. Meningkatnya konsentrasi gas karbon monoksida (CO) ini sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya (Apriyana et al., 2023). Keracunan CO umumnya diklasifikasikan sebagai keracunan CO akut atau keracunan CO kronis tergantung pada durasi

paparannya. Keracunan CO dikategorikan ke dalam bentuk yang berbeda berdasarkan pada manifestasi klinis akibat paparan CO dari waktu ke waktu (Sitanggang et al., 2024).

Nitrogen dioksida (NO_2) merupakan gas yang beracun berwarna coklat kemerah-merahan dan berbau yang menyengat seperti asam nitrat. Jenis nitrogen oksida yang sering dijumpai di dalam atmosfer adalah NO, NO_2 ataupun N_2O adalah zat yang tidak pernah ada di dalam udara yang bersih (Maherdyta et al., 2022). Tingkat racun NO_2 mencapai 4 kali lebih kuat dibanding gas NO. Paru-paru merupakan organ tubuh yang sangat peka terhadap kontaminasi gas NO_2 . Paru-paru yang tercemar akibat polutan NO_2 dapat membengkak yang membuat pengidap kesusahan dalam bernafas serta berakhir dengan kematian (Izzati et al., 2021).

Hasil penelitian Lestari et al. (2021) di Pasar Kebalen Kota Malang menunjukkan bahwa hasil perhitungan karakteristik risiko didapatkan nilai $\text{RQ} > 1$, yang berarti pedagang di Pasar Kebalen memiliki risiko gangguan kesehatan akibat pajanan karbon monoksida (CO). Dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh pajanan karbon monoksida menyebabkan penurunan daya tampung oksigen dalam darah. Penelitian lain oleh penelitian oleh Wenas et al. (2020) yang mengkaji paparan NO_2 pada pedagang kaki lima di sekitar Kawasan pusat perbelanjaan di Manado menemukan bahwa paparan NO_2 selama 30 tahun dapat menyebabkan risiko kesehatan yang signifikan.

Jumlah kendaraan di Kota Kendari mengalami peningkatan di tiap tahunnya dimana pada tahun 2021 jumlah kendaraan sebesar 47.163, yang kemudian mengalami peningkatan yang signifikan pada tahun 2023 yaitu 110.713 (BPS, 2023). Tingginya jumlah kendaraan yang ada dapat menyumbang emisi yang besar untuk terjadinya polusi udara, dimana hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan bahwa peningkatan volume di jalur kendaraan akan meningkatkan konsentrasi CO, SO_2 , NO_2 , TSP, dan debu di pinggir jalan baik luar ruangan maupun dalam ruangan (Hardiyanto & Zulistyawan, 2023).

Peningkatan volume kendaraan ini berkontribusi besar terhadap tingginya tingkat polusi udara di lokasi yang ramai seperti Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga. Intensitas jumlah kendaraan yang tinggi menyebabkan meningkatnya paparan dari emisi gas buang kendaraan. Hal ini dapat membahayakan bagi pengendara dan masyarakat sekitar. Adapun dampak negatif ini tergantung dengan intensitas paparan dan lamanya paparan berlangsung (Pratama, 2021). Gangguan kesehatan akan muncul apabila individu terpapar secara rutin atau terlalu banyak menghirup. Umumnya yang lebih rentan terkena dampak dari paparan emisi gas buang kendaraan yaitu anak-anak, lansia, dan orang yang mempunyai penyakit tertentu (Sudarwanto et al., 2020).

Pasar Anduonohu merupakan salah satu dari pasar rakyat yang ada di Kota Kendari yang berada di Jalan Bunggasi, Kelurahan Poasia, Kecamatan Anduonohu. Aktivitas di Pasar Anduonohu berlangsung setiap hari. Jam padat pengunjung di mulai dari pagi hari pada jam 06.30-09.30, siang hari jam 12.00-14.30, dan pada sore hari 16.30-19.00. Terletak di ruas jalan utama yang dipenuhi lalu lintas kendaraan bermotor setiap hari, serta menjadi satu-satunya jalur kendaraan truk yang menuju Pelabuhan Bungkutoko dan terminal peti kemas. Pasar Baruga terletak di Kecamatan Baruga merupakan pasar rakyat di Kota Kendari yang beroperasi mulai pukul 06.00 pagi sampai dengan pukul 21.00 malam. Pedagang yang beraktivitas di pasar ini setiap hari terpajan emisi kendaraan bermotor dalam jangka waktu lama, yang berpotensi membahayakan kesehatan mereka, terutama dalam hal gangguan pemapasan seperti Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA).

Berdasarkan data Puskesmas Poasia tahun 2023, sejak tahun 2020 – 2022 Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) mengalami fluktuasi kasus. Tercatat pada tahun 2020 terdapat 324 kasus, kemudian pada tahun 2021 sebanyak 318 kasus, dan pada tahun 2022 mengalami peningkatan menjadi 546 kasus. Hal ini dapat terjadi karena menurunnya kualitas lingkungan di Kelurahan Anduonohu. Asap yang dihasilkan oleh knalpot kendaraan bermotor dapat memperburuk kualitas udara dan menyebabkan pencemaran karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂), yang berpotensi mengganggu kesehatan pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

Terjadinya pencemaran dapat menimbulkan risiko gangguan kesehatan. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada bulan Agustus 2024, aktivitas pedagang dan pengunjung pasar telah menimbulkan pencemaran. Kondisi pasar dimana pedagang melakukan aktivitas jual beli di jalan yang seharusnya digunakan sebagai jalan kendaraan bermotor yang menyebabkan kemacetan yang menimbulkan polusi udara serta terletak dekat dengan jalan raya membuat pedagang dapat terpapar gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan dan pernyataan di atas, maka penting untuk menganalisis tingkat risiko kesehatan terhadap pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga akibat pajanan gas CO dan NO₂ dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). ARKL adalah sebuah proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia akibat dari pajanan tertentu (Mallongi, 2023). Pada penelitian ini menggunakan metode ARKL dengan melihat tingkat risiko pedagang akibat dari pajanan CO dan NO₂.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat risiko pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Pajanan CO dan NO₂ Pada Pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran karakteristik responden (umur, berat badan, dan jenis kelamin).
2. Menganalisis konsentrasi karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.
3. Menganalisis waktu pajanan, durasi pajanan, laju inhalasi, dan frekuensi pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.
4. Menganalisis karakteristik risiko akibat pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.
5. Mengembangkan manajemen risiko kesehatan yang dapat dilakukan terhadap populasi yang berisiko.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan keterampilan penelitian tentang analisis risiko kesehatan terkait pencemaran udara di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari akibat pencemaran karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) yang berasal dari sumber bergerak kendaraan bermotor dan mampu menerapkan disiplin ilmu di bidang kesehatan lingkungan yang telah dipelajari.

1.4.2 Bagi Masyarakat

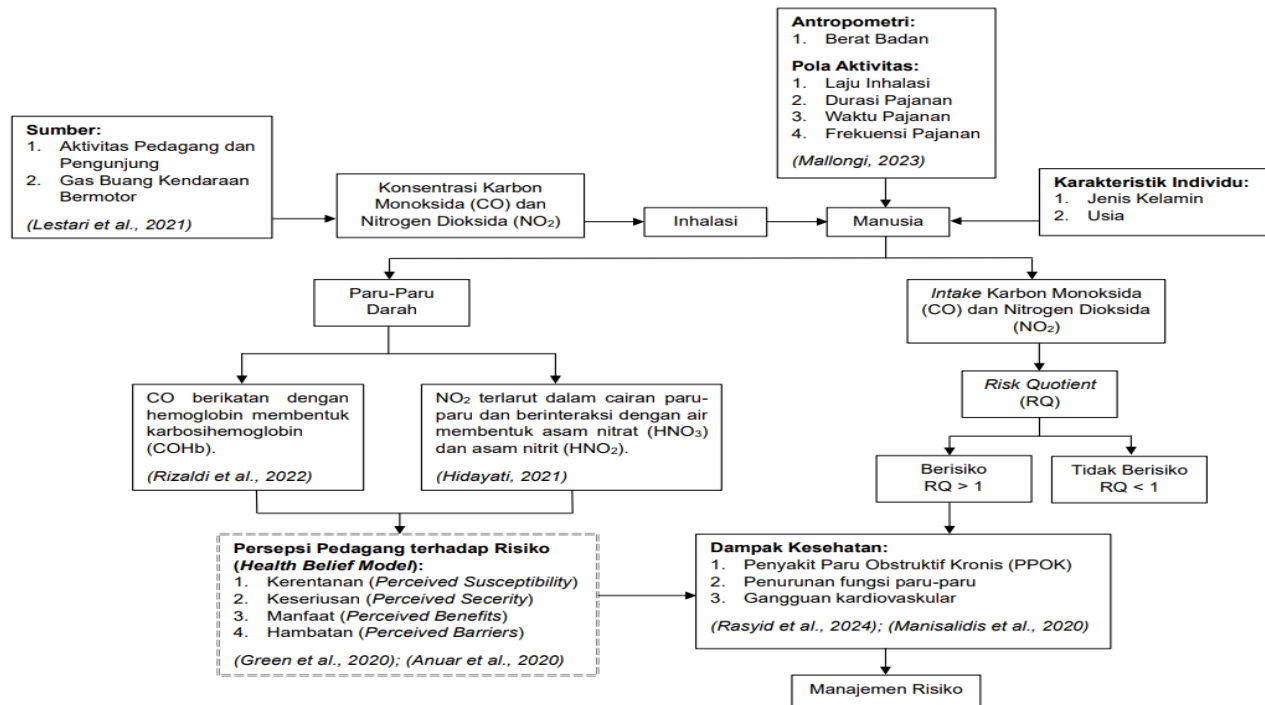
Hasil dari penelitian ini dapat menjadi informasi sebagai bahan tambahan ilmu masyarakat sehingga mampu menerapkan pencegahan gangguan kesehatan akibat pencemaran udara karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) dan mengetahui penanggulangan pencemaran yang perlu dilakukan di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari untuk mengurangi tingkat pencemaran.

1.4.3 Bagi Pemerintah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi Pemerintah Kota Kendari, khususnya Dinas Lingkungan Hidup sebagai dasar penyusunan kebijakan pengendalian pencemaran udara, pengawasan kualitas lingkungan di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga, serta pengembangan strategi manajemen risiko kesehatan akibat pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) dan risiko yang ditimbulkan pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

1.5 Kerangka Teori

Penulis menggambarkan tentang analisis risiko pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga yang dituliskan pada tinjauan pustaka ke dalam bagan kerangka teori yang disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1.1 Kerangka Teori

Pada gambar 1.1 digambarkan bahwa pajanan gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) yang berasal dari berbagai aktivitas pedagang dan pengunjung serta gas buang kendaraan bermotor yang berada dalam udara ambien akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur inhalasi atau pernafasan. Gas karbon monoksida dan nitrogen dioksida yang dihasilkan oleh bahan bakar kendaraan akan berada dalam udara ambien yang akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur inhalasi atau pernafasan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi risiko pajanan CO dan NO₂ pada populasi berisiko yaitu laju asupan, durasi pajanan dan frekuensi pajanan serta karakteristik individu seperti berat badan dan usia. Pajanan CO dan NO₂ di udara dapat berdampak negatif, tetapi bersifat terakumulasi (tertimbun) sedikit demi sedikit akan menyebabkan gangguan pada organ dan sistem tubuh manusia.

Karbon monoksida (CO) terinhalasi melalui hidung atau mulut dan bergerak melewati saluran pernafasan bagian atas, meliputi hidung, trakea, hingga bronkus, sebelum mencapai alveolus di paru-paru, tempat terjadinya pertukaran gas. Dalam alveolus, karbon monoksida berdifusi ke kapiler darah akibat perbedaan konsentrasi antara udara di alveolus dan darah vena. Proses difusi ini efisien karena CO merupakan gas yang mudah larut dan tidak terionisasi, sehingga dapat melewati membran alveolar-kapiler dengan mudah. Setelah masuk ke dalam darah, karbon monoksida segera berikatan dengan hemoglobin (Hb) dalam eritrosit membentuk senyawa *karboksihemoglobin* (COHb). Ikatan ini sangat kuat, dengan afinitas CO terhadap hemoglobin sekitar 200–250 kali lebih besar dibandingkan oksigen. Hal ini menyebabkan CO menggantikan oksigen dalam hemoglobin, menghambat transportasi oksigen ke jaringan tubuh, yang mengakibatkan jaringan mengalami hipoksia sistemik, terutama pada organ yang membutuhkan oksigen tinggi seperti otak, jantung, dan otot. Karbon monoksida yang telah berikatan dengan hemoglobin akan mengurangi kapasitas darah untuk mengangkut oksigen, sehingga memengaruhi fungsi seluler di berbagai jaringan. Hipoksia yang terjadi dapat menyebabkan gangguan metabolisme, yang berujung pada disfungsi atau kerusakan jaringan, tergantung pada durasi dan intensitas paparan.

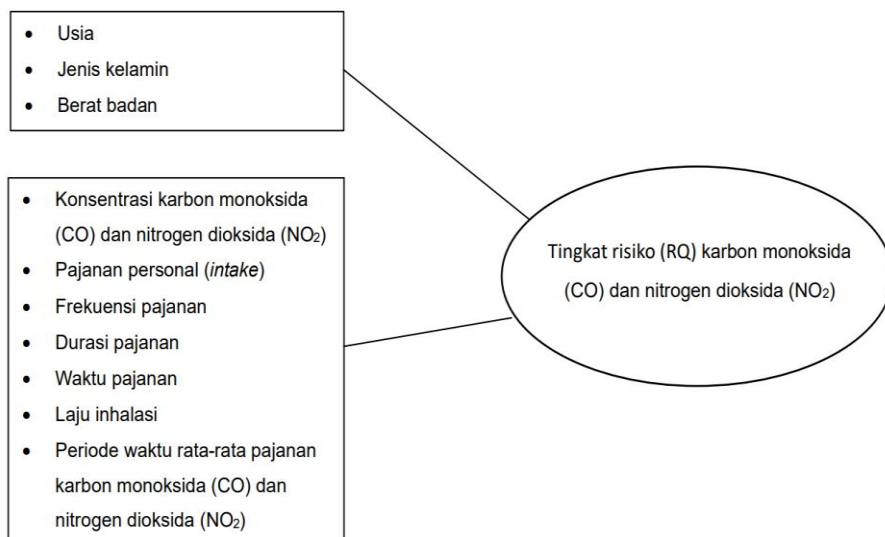
Nitrogen dioksida (NO₂) masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi. Gas ini dapat mencapai saluran pernafasan bagian bawah seperti bronkus dan alveolus, karena sifatnya yang mudah terhirup. Setelah terhirup, NO₂ kemudian terlarut dalam cairan paru-paru dan berinteraksi dengan air untuk membentuk asam nitrat (HNO₃) dan asam nitrit (HNO₂) yang dapat berdampak langsung pada jaringan paru-paru. Dari paru-paru, NO₂ dapat menyebabkan efek local di jaringan atau dilepaskan ke sirkulasi darah untuk kemudian diedarkan ke organ lain. Di dalam tubuh, NO₂ dapat menyebabkan pembentukan radikal bebas yang sangat reaktif, seperti

radikal nitrit (NO_3) dan radikal peroksinitrit (ONOO^-), yang dapat merusak jaringan. Reaksi kimia dengan protein dan lipid dalam membran sel menyebabkan stres oksidatif, yang mengganggu fungsi normal sel. NO_2 yang telah terikat atau bereaksi di dalam tubuh akan dimetabolisme menjadi produk yang lebih stabil dan dapat diekskresikan melalui ginjal dalam urin atau melalui saluran pencernaan dalam bentuk feses. Namun, efek pada jaringan pernapasan seringkali bersifat lokal dan terlokalisasi di paru-paru.

Dalam penelitian ini, karbon monoksida dan nitrogen dioksida dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi populasi yang berisiko, pada hal ini yang menjadi populasi berisikonya ialah pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga, Kota Kendari. Besarnya risiko dipengaruhi oleh berat badan (W_b), laju inhalasi (R), frekuensi pajanan (fE), dan durasi pajanan (Dt). Perhitungan tingkat risiko (RQ) dipengaruhi oleh nilai konsentrasi rujukan (RfC). Hasil analisis risiko kesehatan masyarakat akibat pajanan CO dengan nilai $RQ < 1$ menandakan risiko kesehatan yang kecil dan perlu dipertahankan kondisinya, sedangkan nilai $RQ \geq 1$ memiliki risiko yang besar dan akan memberikan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat sehingga diperlukan adanya manajemen risiko. Dalam manajemen risiko, *Health Belief Model* dapat dimanfaatkan untuk merancang intervensi yang mendorong pedagang untuk lebih menyadari risiko kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan CO dan NO_2 serta mengambil langkah-langkah pencegahan. *Health Belief Model* dapat berperan penting dalam memastikan bahwa intervensi, seperti pengendalian sumber emisi atau penggunaan alat pelindung diri, dapat diadopsi secara luas guna mengurangi nilai *Risk Quotient* (RQ) bagi populasi yang berisiko.

1.6 Kerangka Konsep

Kerangka konsep pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Keterangan:

□ : Variabel Independen

○ : Variabel Dependen

Gambar 1.2 Kerangka Konsep

Pada gambar 1.2 diuraikan konsep analisis risiko kesehatan lingkungan dimana beberapa variabel independen seperti konsentrasi karbon monoksida (CO), konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) di udara, laju inhalasi, frekuensi paparan dalam setahun, durasi paparan, berat badan, serta periode waktu rata-rata paparan CO dan NO₂ akan menentukan seberapa besar tingkat risiko kesehatan yang disebabkan oleh paparan CO dan NO₂ kepada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

1.7 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Definisi operasional dan kriteria objektif pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1.1 Definisi operasional dan kriteria objektif

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Satuan	Skala
1.	Usia	Usia yang dimaksud dalam penelitian ini adalah usia responden dalam satuan tahun.	Kuesioner	-	Tahun	Rasio
2.	Jenis kelamin	Jenis kelamin yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jenis kelamin responden yang terdiri dari laki-laki dan Perempuan.	Kuesioner	-	1. Laki-laki 2. Perempuan	Nominal
3.	<i>Intake</i> /asupan (I)	<i>Intake</i> /asupan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah asupan risk agen yang diterima individu per berat badan per hari (Mg/Kg/Hari).	<i>Exposure Assessment</i>	-	mg/kg/hari	Rasio
4.	Konsentrasi CO (C)	Konsentrasi CO yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kandungan gas karbon monoksida (CO) yang terdapat dalam satuan volume pada udara ambien di Pasar	CO Analyzer	10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	Rasio

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Satuan	Skala
		Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.				
5.	Konsentrasi NO_2 (C)	Konsentrasi NO_2 yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kandungan gas nitrogen dioksida (NO_2) yang terdapat dalam satuan volume pada udara ambien di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.	Impinger	200 $\mu g/Nm^3$ (Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021)	$\mu g/Nm^3$	Rasio
6.	Rate (R)	Rate yang dimaksud dalam penelitian ini adalah banyaknya udara yang dihirup setiap hari (dewasa 0,83 m^3 /jam).	Nilai <i>Default</i> (konstanta)	Dewasa: 0,83 m^3 /jam	m^3 /jam	Rasio
7.	Berat badan (Wb)	Berat badan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah berat badan responden dalam satuan kilogram.	Timbangan digital	Nilai <i>Default</i> Kemenkes 2012 (Dewasa: 55kg)	Kg	Rasio
8.	Waktu pajanan (tE)	Waktu pajanan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah periode waktu sampel terpajan CO dan NO_2 dihitung berdasarkan jumlah pedagang tetap berjualan di	Kuesioner	Nilai <i>Default</i> Kemenkes 2012 (pajanan lingkungan kerja: 8 jam/hari)	Jam/hari	Rasio

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Satuan	Skala
		lokasi penelitian dalam satu hari.				
9.	Frekuensi pajanan (fE)	Frekuensi pajanan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah jumlah hari pemajanan CO dan NO ₂ yang diterima pedagang tetap dalam satu tahun dikurangi lama responden meninggalkan lokasi penelitian.	Kuesioner	Nilai <i>Default</i> Kemenkes 2012 Pajanan pada lingkungan kerja: 250 hari/tahun	Hari/tahun	Rasio
10.	Durasi pajanan (Dt)	Durasi pajanan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah lama waktunya terpajan oleh CO dan NO ₂ di lokasi penelitian.	Kuesioner	Nilai <i>Default</i> Kemenkes 2012 Residensial (pemukiman) / pajanan	m ³ /jam	Rasio
11.	Tingkat risiko (RQ)	Tingkat risiko yang dimaksud dalam penelitian ini adalah besarnya tingkat risiko kesehatan pedagang.	Berdasarkan perhitungan rumus	1. Ya, Jika RQ>1 2. Tidak, jika RQ <1	mg/kg/hari	Nominal

1.8 Sintesa Penelitian

Tabel 2.2 Tabel Sintesa Penelitian

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
1.	(Nurfadillah & Petasule, 2022)	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (SO ₂ , NO ₂ , CO dan TSP) di Ruas Jalan Wilayah Bone Bolango	Observasional dengan pendekatan analisis risiko kualitas lingkungan (ARKL).	Sampel lingkungan: Udara ambien di empat titik yaitu ruas Jl. Huduido, Jl. Ratuwangi, Jl. Saptamarga, dan Jl. Pasar Minggu yang merupakan wilayah padat penduduk. Sampel manusia: Masyarakat yang tinggal di sekitar Jl. Huduido, Jl. Ratuwangi, Jl. Saptamarga, dan Jl. Pasar Minggu.	Hasil pengukuran SO ₂ , NO ₂ , CO, dan TSP pada empat titik sampling menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi masih berada di bawah baku mutu udara ambien. Hasil analisis risiko menunjukkan nilai RQ < 1 pada populasi dewasa, yang mengindikasikan bahwa paparan masih berada pada tingkat aman. Namun, pada populasi anak-anak, nilai RQ untuk SO ₂ > 1, yang menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan akibat paparan SO ₂ .
2.	(Qolifah et al., 2024)	Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogenik Akibat Paparan Gas SO ₂ dan NO ₂ pada Pemulung di	Observasional analitik dengan pendekatan ARKL	Sampel lingkungan: udara ambien pada 5 titik di TPA Jatibarang yang didapatkan dari arah mata angin dominan. Sampel manusia: sebanyak 77 responden yang	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata SO ₂ dan NO ₂ di TPA Jatibarang masih berada di bawah baku mutu udara ambien. Namun, analisis risiko kumulatif menunjukkan bahwa sebagian besar pemulung memiliki nilai RQ _{kum} > 1,

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
		TPA Jatibarang Kota Semarang		berprofesi sebagai pemulung	terutama pada proyeksi lifetime, yang mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan non-karsinogenik akibat paparan SO ₂ dan NO ₂ .
3.	(Wenas et al., 2020)	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Sulfur Dioksida (SO ₂) dan Nitrogen Dioksida (NO ₂) di Sekitar Kawasan Shopping Center Manado	Observasional dengan pendekatan analisis risiko kualitas lingkungan (ARKL).	Sampel lingkungan: udara ambien di 5 titik yaitu bagian timur, utara, barat, selatan dan tengah dari kawasan Shopping Center Manado. Sampel manusia: Sebanyak 10 orang PKL di setiap titik.	Hasil penelitian pada PKL di kawasan Shopping Center Kota Manado menunjukkan bahwa konsentrasi SO ₂ dan NO ₂ masih berada di bawah NAB. Namun, analisis risiko menunjukkan adanya responden berisiko pada paparan jangka panjang (lifetime), khususnya untuk NO ₂ , dengan proporsi responden berisiko lebih tinggi dibandingkan SO ₂ .
4.	(Mallongi et al., 2023)	Calculating Health And Ecological Risks Of Pm2.5, And Lead Pollutants Exposure Among Communities Due To Cement	Teknik kuantitatif dengan pendekatan ARKL	Sampel lingkungan meliputi udara ambien untuk mengukur konsentrasi PM 2,5 dan tanah untuk mengukur konsentrasi timbal (Pb).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PM2.5 dan partikulat Pb tertinggi ditemukan pada beberapa stasiun tertentu, dengan variasi spasial yang cukup signifikan. Paparan PM2.5 dan timbal di udara teridentifikasi memiliki tingkat risiko sedang terhadap kesehatan manusia

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
		Plant Emission, Maros Indonesia 2023			serta risiko yang lebih tinggi terhadap lingkungan.
5.	(Rauf et al., 2021)	Community Health Risk Assessment of Total Suspended Particulates near a Cement Plant in Maros Regency, Indonesia	Teknik kuantitatif dengan pendekatan ARKL	Sampel lingkungan: udara ambien untuk mengukur TSP di sekitar pabrik semen. Sampel manusia: 250 responden di sekitar pabrik.	Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi partikulat tersuspensi total diukur dengan nilai maksimum 133,24 mg/m ³ dan nilai minimum 18,48 mg/m ³ . Nilai maksimum ini melebihi tingkat minimum yang dapat diterima dari Tujuan Kualitas Udara Ambien Nasional Kanada (C-NAAQO). Risiko non-karsinogenik dari jalur penghirupan adalah rendah kecuali di lokasi 3 (HQ>1) di semua lokasi.
6.	(Syahriyah et al., 2024)	Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Nitrogen Dioksida pada Pedagang Kaki Lima di Terminal	Penelitian deskriptif dengan pendekatan ARKL.	Sampel lingkungan: udara ambien untuk mengukur konsentrasi NO ₂ . Sampel manusia: Sebanyak 63 responden yang berprofesi sebagai pedagang kaki lima.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NO ₂ di Terminal Mandala masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Analisis risiko menunjukkan seluruh responden memiliki nilai RQ < 1, yang mengindikasikan bahwa pajanan NO ₂ berada pada tingkat aman

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
		Mandala, Rangkasbitung			dan tidak berisiko terhadap gangguan kesehatan.
7.	(Ernyasih et al., 2023)	Health risk assessment through probabilistic sensitivity analysis of carbon monoxide and fine particulate transportation exposure	Observasional analitik dengan pendekatan ARKL.	Sampel lingkungan: Udara ambien untuk mengukur CO dan PM _{2,5} di 7 kecamatan, yaitu Serpong Utara, Serpong, Pondok Aren, Ciputat, Ciputat, Ciputat Timur, Pamulang, dan Setu. Sampel manusia: Warga yang tinggal di sepanjang jalan dan anak-anak sekolah yang sekolahnya berada di lokasi tersebut.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar stasiun pemantauan memiliki nilai hazard quotient (HQ) karbon monoksida dan partikulat halus yang melebihi standar (>1), yang mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan. Meskipun beberapa stasiun masih berada pada tingkat aman (HQ < 1), peningkatan frekuensi paparan terbukti meningkatkan peluang terjadinya risiko pada populasi terpapar.
8.	(Rangkuti et al., 2022)	Environmental Health Risk Analysis Of Carbon Monoxide Gas Exposure Among Traders Of Giwangan	Deskriptif kuantitatif dengan pendekatan ARKL.	Sampel lingkungan: Udara ambien untuk mengukur konsentrasi CO di Terminal Giwangan. Sampel manusia: Sebanyak 51 responden yang berprofesi sebagai pedagang di Terminal Giwangan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pedagang di Terminal Giwangan mengalami paparan CO yang signifikan, dengan mayoritas responden memiliki tingkat risiko kesehatan tinggi, terutama pada kelompok dengan masa kerja lebih dari 10 tahun. Selain itu, terdapat hubungan

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
		Terminal, Yogyakarta			signifikan antara nilai intake dan Risk Quotient (RQ), yang menunjukkan bahwa peningkatan paparan CO berkontribusi terhadap meningkatnya risiko kesehatan.
9.	(Yessenamanova et al., 2020)	Assessment of the impact of indicator air pollutants in Atyrau city on public health	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).	Sampel lingkungan: Pengukuran konsentrasi berbagai polutan udara seperti hidrogen sulfida, nitrogen dioksida, formaldehida, padatan tersuspensi, karbon monoksida, sulfur dioksida, dan nitrogen oksida. Sampel manusia: masyarakat di Distrik Kursay yang tinggal di daerah yang terpengaruh oleh polusi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko inhalasi polutan sangat tinggi, dengan nilai risiko (HQ) yang signifikan untuk paparan jangka pendek dan panjang. Misalnya, untuk paparan jangka pendek, hidrogen sulfida memiliki HQ sebesar 7,4, sedangkan untuk paparan jangka panjang, partikel halus menunjukkan HQ sebesar 7,13.
10.	(Maherdyta et al., 2022)	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Nitrogen	Deskriptif dengan pendekatan ARKL.	Sampel lingkungan: Konsentrasi NO ₂ dan SO ₂ diperoleh melalui pengukuran di 50 titik yang telah di tentukan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata NO ₂ dan SO ₂ dipengaruhi oleh aktivitas transportasi dan pola angin. Paparan NO ₂ di seluruh lokasi

No.	Penulis	Judul Jurnal	Metode	Sampel	Hasil
		Dioksida (NO ₂) Dan Sulfur Dioksida (SO ₂) Pada Masyarakat Di Wilayah Yogyakarta			sampling berada pada tingkat aman ($RQ \leq 1$), sedangkan paparan SO ₂ di beberapa lokasi menunjukkan nilai $RQ > 1$ yang mengindikasikan adanya potensi risiko kesehatan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian emisi dan pemantauan berkala pada lokasi berisiko.

Berdasarkan sintesis dari beberapa penelitian mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi polutan udara di beberapa wilayah cenderung melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 yaitu masing-masing $10.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk karbon monoksida (CO) dan $200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk nitrogen dioksida (NO_2). Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat yang berada di wilayah tersebut berisiko mengalami gangguan kesehatan akibat paparan gas polutan. Meskipun ada beberapa wilayah yang masih memiliki konsentrasi polutan udara di bawah ambang batas, pengawasan terus-menerus sangat penting untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat.

Pada penelitian ini berfokus pada penilaian risiko kesehatan lingkungan pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari. Penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada area industri. Selain itu, dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Health Belief Model* (HBM) untuk mendukung analisis risiko dan pengembangan manajemen risiko. Model ini membantu menjelaskan perilaku pedagang terhadap risiko kesehatan akibat polusi udara, berdasarkan persepsi mereka mengenai kerentanan, keseriusan risiko, manfaat tindakan preventif, serta hambatan yang mungkin dihadapi. Dengan HBM, penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengukuran paparan dan risiko, tetapi juga memberikan kerangka kerja untuk memahami dan merancang intervensi yang efektif. Hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang risiko yang dihadapi oleh pedagang, sehingga dapat menjadi landasan bagi pemerintah setempat untuk melakukan tindakan pencegahan dan pengelolaan lingkungan yang lebih efektif di masa mendatang.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan observasional analitik melalui pendekatan Analisis Risiko Kualitas Lingkungan (ARKL) dengan tujuan yaitu untuk menganalisis risiko yang disebabkan oleh pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) pada pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari. Adapun langkah-langkah metode ARKL adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengukuran konsentrasi CO dan NO₂ yang terdapat di dalam udara ambien di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga.

2. Analisis Dosis-Respon

Analisis dosis respon dilakukan dengan menggunakan kajian literatur CO dan NO₂. Adapun RfC untuk karbon monoksida (CO) adalah 0,827 mg/kg/hari dan RfC untuk nitrogen dioksida (NO₂) adalah 0,02 mg/kg/hari.

3. Analisis Pajanan

Analisis pajanan dilakukan untuk memperkirakan jumlah asupan atau *Intake* inhalasi dengan menghitung konsentrasi CO dan NO₂, frekuensi pajanan, waktu pajanan, durasi pajanan, dan berat badan.

4. Karakteristik Risiko

Tingkat risiko disebut dengan *Risk Quotient s* (RQ). Apabila $RQ > 1$ maka risiko kesehatan perlu dikendalikan dengan melakukan manajemen risiko, jika $RQ \leq 1$ tidak perlu dikendalikan.

5. Manajemen Risiko

Langkah selanjutnya yang dilakukan apabila $RQ > 1$ yaitu dengan melakukan manajemen risiko seperti penentuan batas aman, pengelolaan risiko (Mallongi, 2023).

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pasar Anduonohu yang bertempat di Jalan Bunggasi, Kelurahan Anduonohu, Kecamatan Poasia, Kota Kendari dan di Pasar Baruga yang bertempat di Jalan Kapten Pierre Tendean, Kecamatan Baruga, Kota Kendari. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari - Maret 2025.

Pengambilan dan pemeriksaan sampel di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga dilakukan sebanyak 10 titik, dengan perincian 5 titik di Pasar Anduonohu dan 5 titik di Pasar Baruga. Kedua pasar dipilih sebagai lokasi penelitian dengan pertimbangan untuk mengamati dan membandingkan konsentrasi polusi udara serta risiko kesehatannya pada pedagang yang

beraktivitas di wilayah perkotaan seperti Pasar Anduonohu dan wilayah yang lebih bersifat pedesaan seperti Pasar Baruga.

2.3 Populasi dan Sampel Penelitian

2.3.1 Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pedagang yang berjualan di ruas jalan Pasar Anduonohu sebanyak 458 pedagang dan Pasar Baruga sebanyak 1.186 pedagang, yang jika keduanya dijumlahkan menjadi 1.644 pedagang.

2.3.2 Sampel Penelitian

a. Sampel Lingkungan

Sampel lingkungan diperoleh dengan mengukur konsentrasi pajanan karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO₂) yang berasal dari kendaraan bermotor dan aktivitas pedagang di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga Kota Kendari.

b. Sampel Manusia

Sampel manusia dalam penelitian ini adalah sebagian populasi dengan teknik pengambilan sampel menggunakan rumus Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

$$n = \frac{1.644}{1 + 1.644 \times (0,05)^2}$$

$$n = \frac{1.644}{1 + 1.644 \times 0,0025}$$

$$n = \frac{1.644}{1 + 4,11}$$

$$n = \frac{1.644}{5,11} = 322$$

Keterangan:

n = Jumlah Sampel

N = Jumlah Populasi

e = Batas toleransi kesalahan (*margin of error* = 5%)

Perhitungan jumlah responden dengan metode Slovin menghasilkan 322 responden. Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Cluster Random Sampling*, dikarenakan populasi yang cukup luas dan juga teknik penentuan sampel dengan metode *Cluster Random Sampling* ini kerap digunakan dalam berbagai penelitian di bidang kesehatan. Dengan menggunakan Teknik *Cluster Random*

Sampling didapatkan pemerataan jumlah sampel untuk masing-masing pasar dengan perincian sebagai berikut:

1. Perhitungan Sampel Pasar Baruga

$$f_i = \frac{N_i}{N} = \frac{1.186}{1.644} = 0,27$$

$$N_i = f_i \times n = 0,27 \times 322 = 232$$

2. Perhitungan Sampel Pasar Anduonohu

$$f_i = \frac{N_i}{N} = \frac{458}{1.644} = 0,72$$

$$N_i = f_i \times n = 0,72 \times 322 = 90$$

Keterangan:

Fi = Sampel pecahan *cluster*

Ni = Banyaknya individu yang ada dalam *cluster*

N = Banyaknya populasi seluruhnya

n = Banyaknya pedagang yang dimasukkan dalam sampel

Cluster Random Sampling merupakan teknik sampling daerah yang digunakan untuk menentukan sampel apabila obyek yang akan diteliti sangat luas (Sugiyono, 2022). Untuk menentukan pedagang yang akan dijadikan sampel, maka pengambilan sampel ditetapkan secara bertahap dari pasar yang dengan jumlah pedagang terbanyak sampai ke pasar dengan jumlah pedagang terkecil. Teknik sampling ini sering digunakan melalui dua tahap yaitu, yang pertama adalah menentukan sampel keseluruhan dan tahap kedua menentukan sampel dari tiap pasar tersebut. Dengan menggunakan Teknik *Cluster Random Sampling* didapatkan pemerataan jumlah sampel untuk masing-masing pasar antara lain:

Tabel 2.1 Jumlah Sampel Penelitian

No.	Pasar	Populasi	Sampel
1.	Pasar Baruga	1.186	232
2.	Pasar Anduonohu	458	90
	Jumlah	1.644	322

2.4 Metode Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel

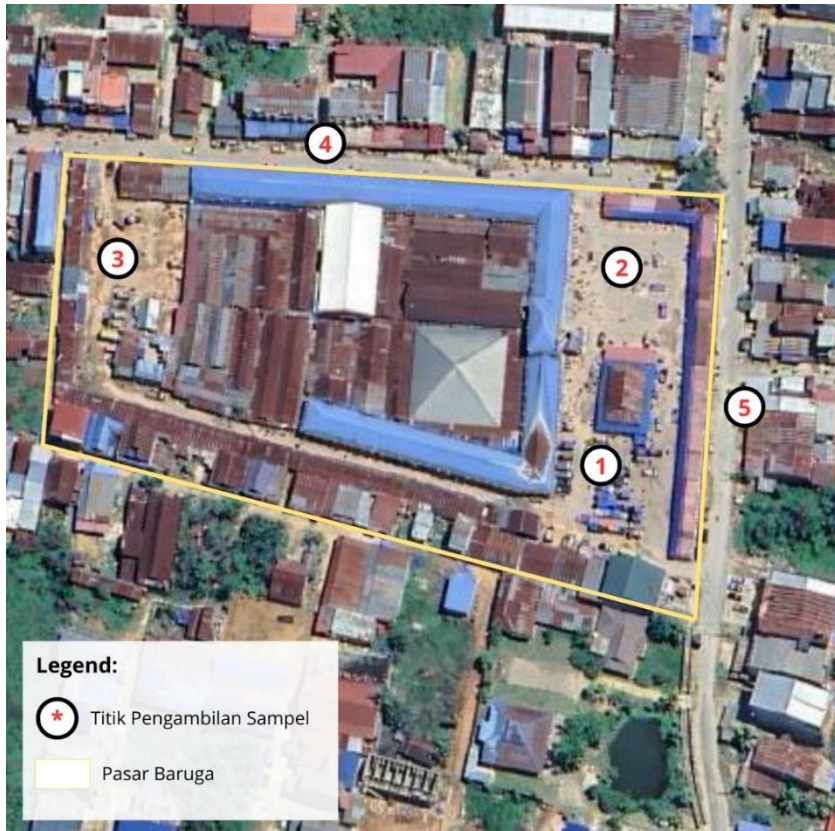
2.4.1 Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7119.9-2005 tentang cara penentuan lokasi pengambilan contoh uji kualitas udara *roadside*.

- Menempatkan peralatan di ruang terbuka.
- Penempatan peralatan berjarak 1 meter - 5 meter dari pinggir jalan.
- Titik pengambilan sampel sebanyak 16 titik, dengan perincian 8 titik pada Pasar Anduonohu dan 8 titik pada Pasar Baruga. Titik pengambilan sampel udara dapat dilihat pada gambar 2.1 dan gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.1 Titik Pengambilan Sampel Pasar Anduonohu



Gambar 2.2 Titik Pengambilan Sampel Pasar Baruga

2.4.2 Pengukuran Karbon Monoksida (CO)

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui tingkat kadar karbon monoksida dengan menggunakan alat CO meter. Cara penggunaan alat CO meter sebagai berikut:

- a. Menekan tombol on/off untuk menghidupkan atau mematikan alat CO meter.
- b. Meteran akan masuk ke mode deteksi saat dihidupkan, dan level/kadar CO akan ditampilkan sebagai mode pindai. Terdapat 4 (empat) mode dalam mode deteksi yaitu pindai, maksimal, minimal dan tahan.
 1. Mode pindai: mendeteksi kadar dengan menunjukkan nilai kadar saat ini.
 2. Mode maksimal: mendeteksi kadar dengan menunjukkan nilai maksimal.
 3. Mode minimal: mendeteksi kadar dengan menunjukkan nilai minimal.

4. Mode tahan: tetap menunjukkan level yang sama saat beralih ke mode ini.
- c. Menekan tombol mode untuk beralih ke mode lain.
- d. Menekan tombol lampu latar untuk menyalakan lampu latar, ikon akan muncul pada saat yang sama, tekan lagi untuk mematikan.

2.4.3 Pengukuran Nitrogen Dioksida (NO₂)

Cara pengukuran nitrogen dioksida dengan menggunakan SNI 7119-2- 2017 dengan Metode Griess-Saltzman adalah metode yang digunakan dalam menentukan konsentrasi gas pencemar nitrogen dioksida (NO₂) dalam udara. Nitrogen dioksida di udara direaksikan dengan pereaksi Gries Saltman (*Absorbent*) Membentuk senyawa yang berwarna ungu yang terjadi diukur dengan spektropotometer dengan panjang gelombang 550 nm dengan kisaran kosentrasi 4µg/Nm³ sampai dengan 500 µg/Nm³ atau 0,002 ppm sampai dengan 5 ppm udara.

a. Alat

1. Labu Ukur 25mL, 100 mL, dan 1000 mL
2. Pipet Mikro 0,0 ml, 0,1 ml, 0,2 ml, 0,4 ml, 0,6 ml, 0,8 ml, dan 10 ml atau buret
3. Gelas Ukur 100 ml
4. Gelas Piala 100 ml, 500 ml, 1000 ml
5. Tabung uji 25 ml
6. Spektropotometer dilengkapi dengan kurvet
7. Neraca analitik dengan ketelitian 0,1 mg
8. Oven
9. Botol pyrex berwarna gelap
10. Desikator
11. Alat destilasi
12. Kaca arloji

b. Bahan

1. Hablur asam sulfaniat (H₂NC₆H₄SO₃H)
2. Larutan asam asetat glasial (CH₃COOH pekat)
3. Air bebas mineral
4. Natrium nitrit (NaNO₂)
5. Larutan Induk N-(1 nafil-etilendiamin dihidroksida (NEDA, C₁₂H₁₆Cl₂N₂)
 - a) Melarutkan 0,1 g NEDA dengan air suling kedalam labu ukur 100 ml lalu encerkan dengan air suling sampai batas tera kemudian homogenkan.
 - b) Memindahkan larutan tersebut kedalam botol coklat dan simpan Laruran ini stabil selama 1 bulan yang disimpan dalam lemari pendingin.

6. Aseton (C_3H_8O)
7. Larutan Penyerap Griess Saltzman
 - a) Melarutkan 5 g asam sulfanilat anhidrat ($H_2NC_6H_4SO_3H$) atau 5,5 g asam sulfanilatmonohidrat dalam gelas piala 1.000 mL dengan 140 mL asam asetat glasial aduk secara hati-hati dengan stirrer sambil di tambahkan dengan air bebas mineral hingga kurang lebih 800 mL.
 - b) Memindahkan larutan kedalam labu ukur 1.000 mL.
 - c) Menambahkan 20 mL larutan induk NEDA dan 10 mL aseton, tambahkan air bebas mineral hingga batas tera kemudian homogenkan.
8. Larutan Induk Nitrit (NO_2)
 - a) Mengeringkan natrium nitrit ($NaNO_2$) dalam oven selama 24 jam pada suhu $105^\circ C$ dan dinginkan dalam desikator.
 - b) Menimbang 0,246 natrium nitrit kemudian larutkan ke dalam labu ukur 100 mL dengan air bebas mineral, tambahkan air bebas mineral hingga batas tera kemudian homogenkan.
 - c) Memindahkan larutan ke dalam botol gelap dan simpan dalam lemari pendingin.
9. Larutan Standart Nitrit (NO_2) 20 $\mu g/mL$
10. Memasukan larutan kedalam labu ukur 1.000 mL tambahkan dengan air bebas mineral hingga batas tera kemudian homogenkan.
- c. Langkah Kerja
 1. Menyusun peralatan pengambilan contoh uji.
 2. Memasukan larutan penjerap Griess Saltzman sebanyak 10 ml kedalam botol penjerap agar terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung.
 3. Menghidupkan pompa penghisap udara dan kecepatan air 0,42/ menit setelah stabil cacat laju alir awal (F1).
 4. Melakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam dan cacat tempratur dan tekanan udara setelah 1 jam catat laju alir akhir (F2) dan kemudian matikan pompa penghisap. Analisis dilakukan dilapangan segera setelah pengambilan contoh uji.

Catatan: Bila pengoksidasi atau pereduksi hadir pengukuran harus sudah dilakukan maksimal 1 jam setelah pengamilan contoh uji.

2.5 Teknik Pengumpulan Data

2.5.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti. Dalam penelitian ini data pengukuran yang dilakukan di lokasi penelitian yaitu konsentrasi CO dan NO_2 , waktu paparan, frekuensi

paparan, durasi paparan dan data berat badan individu responden dengan pengisian kuisisioner yang diperoleh dari hasil kuesioner melalui wawancara. Selanjutnya data-data yang sudah terkumpul digunakan untuk menghitung *Intake* CO dan NO₂ dalam udara dan dilanjutkan dengan perhitungan tingkat risiko.

2.5.2 Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari studi kepustakaan serta data dari pemerintah di lokasi penelitian. Studi kepustakaan yang digunakan oleh peneliti yakni referensi buku, jurnal terkait tema penelitian, artikel-artikel, serta penelusuran informasi di internet yang berkaitan dengan pembahasan penelitian.

2.6 Instrumen Penelitian

Instrumen merupakan perangkat atau alat yang digunakan untuk membantu mengungkap data yang digunakan dari penelitian yang akan dilakukan. Instrumen penelitian yang digunakan:

- a. CO Meter, pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) di udara ambien menggunakan alat CO meter.
- b. Spektropotometer, pengukuran konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) dilakukan dengan metode Griess-Saltzman dengan menggunakan teknik impinger sampling dan pengukuran spektrofotometri mengacu pada SNI 7119-2-2017.
- c. Kuesioner, kuesioner dalam penelitian ini mengacu pada rumus perhitungan nilai *Intake* ARKL digunakan untuk mengetahui karakteristik responden seperti umur, berat badan, laju asupan, waktu pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan.
- d. Timbangan Digital, timbangan digital dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur berat badan responden.
- e. Alat dokumentasi berupa kamera handphone untuk mendokumentasikan proses penelitian.
- f. Alat tulis berupa pulpen kertas untuk mencatat dan melaporkan hasil penelitian.

2.7 Teknik Pengolahan dan Analisis Data

2.7.1 Pengolahan Data

Pengumpulan data merupakan tahapan yang dilakukan sebelum analisis data tujuannya agar data yang akan dianalisis dapat menghasilkan informasi yang valid. Didalam proses pengolahan data terdapat empat tahapan, diantaranya yaitu (Notoatmodjo, 2010):

a. *Editing*

Merupakan kegiatan untuk melakukan pengecekan isian formulir atau kuesioner apakah daftar jawaban yang ada pada kuesioner lengkap, jelas, relevan dan konsisten.

- b. *Coding*
Merupakan kegiatan mengubah data menjadi bentuk-bentuk kode angka yang berguna memudahkan peneliti dalam melakukan entry data. Proses coding ini tidak berlaku untuk data yang sudah dalam bentuk angka, seperti konsentrasi CO dan NO₂ udara ambien.
- c. *Entry atau Processing*
Data yang sudah diperoleh, dilanjutkan dengan memproses data yang sudah dimasukkan ke dalam software untuk dianalisis lebih lanjut. Pemrosesan dilakukan dengan cara memasukkan hasil jawaban responden dari kuesioner ke dalam *software* Excel.
- d. *Cleaning*
Data yang sudah di entry dilakukan pengecekan ulang dengan tujuan untuk melihat apakah data yang masuk sudah relevan dengan daftar pertanyaan yang ada pada kuesioner dan memberikan kesempatan untuk dilakukan perbaikan sebelum dilakukannya analisis data apabila terdapat data yang data baik itu missing data ataupun data yang tidak bervariasi/tidak konsisten

2.7.2 Analisis Data

- a. Analisis Univariat
Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui jenis dan sebaran datanya. Terdapat dua jenis data dalam Analisis univariat yaitu data kategorik dan data numerik. Pada analisis univariat, distribusi data kategorik disajikan dengan menggunakan diagram dan analisis yang ditampilkan adalah jumlah dan persentase. Sedangkan, data numerik yang ditampilkan meliputi nilai mean, median, minimum-maksimum, standar deviasi, dan kenormalan distribusi. Variabel kategorik yang disajikan meliputi jenis kelamin. Sedangkan data numerik yang disajikan meliputi konsentrasi CO dan NO₂, berat badan, laju inhalasi, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan.
- b. Analisis Data Menggunakan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
 - 1) Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)
Tahap ini melakukan analisis pajanan nitrogen dioksida pada udara ambien di Pasar Anduonohu dan Pasar Baruga, Kota Kendari dengan mengumpulkan informasi-informasi mengenai pajanan karbon monoksida dan nitrogen dioksida.
 - 2) Analisis Dosis-Respon (*Dose-Respon Analysis*)
Tahap ini dilakukan dengan melihat literatur tentang dosis-respon pajanan karbon monoksida dan nitrogen dioksida terhadap populasi berisiko.

3) Analisis Paparan (*Exposure Analysis*)

Analisis paparan adalah estimasi *intake* paparan yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi atau sistem pernafasan berupa melakukan perhitungan konsentrasi karbon monoksida dan nitrogen dioksida dengan melihat beberapa faktor risiko seperti lama paparan, durasi paparan, laju inhalasi, frekuensi paparan, periode waktu rata-rata, berat badan.

4) Karakteristik Risiko

Tahap karakteristik risiko akan menentukan risiko apa yang akan terjadi akibat paparan karbon monoksida dan nitrogen dioksida pada populasi yang berisiko. Karakteristik risiko akibat paparan nitrogen dioksida berupa kategori non-karsinogenik atau *Risk Quotient s* (RQ). Apabila $RQ > 1$ maka terdapat risiko, sedangkan jika $RQ \leq 1$ maka tidak berisiko akan tetapi harus ada upaya untuk mempertahankan.

5) Perhitungan Nilai *Intake*

Nilai *intake* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$Intake (I) = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan:

I	: <i>Intake</i> NO_2 dan CO (mg/kg x hari)
C	: Konsentrasi NO_2 dan CO (mg/m ³)
R	: Laju Inhalasi (m ³ /jam)
t _E	: Lama Paparan (jam/hari)
f _E	: Frekuensi Paparan (hari/tahun)
D _t	: Durasi Paparan (tahun)
W _b	: Berat Badan (kg)
t _{AVG}	: Periode Waktu Rata-Rata

6) Tingkat Risiko (RQ)

Sedangkan untuk mengetahui karakteristik risiko (RQ), digunakan rumus:

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

Keterangan:

RQ	: Tingkat Risiko CO dan NO_2
I	: <i>Intake</i> CO dan NO_2 (mg/kg/hari)

RfC : Dosis Referensi CO dan NO₂ (mg/kg/hari)

7) Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan langkah tindak lanjut apabila nilai hasil karakteristik risiko menggambarkan tingkatan risiko yang tidaklah aman atau dengan nilai RQ>1. Manajemen risiko dilaksanakan agar mengurangi pengaruh pajanan atas sebuah agen dengan strategi pengelolaan risiko yang pada pajanan inhalasi dilakukan mencakup penetapan nilai dan batas aman konsentrasi agen risiko (C) serta Jumlah Konsumsi (R). Batas aman ialah nilai atau batas paling rendah yang menjadikan tingkatan risiko tidaklah aman yang artinya tidak bisa diterima. Karena itu batas yang aman ialah batas nilai di bawah nilai amannya, adapun batas yang sama oleh nilai aman itu akan menjadikan tingkatan risiko tidaklah aman. Manajemen risiko bisa dihitung melalui rumus di bawah (Direktur Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, 2012):

a) Penentuan konsentrasi aman (C)

Dalam penentuan konsentrasi aman semua variabel dan nilai yang digunakan sama dengan variabel dan nilai pada perhitungan *intake*. Akan tetapi nilai *intake* yang digunakan adalah RfD atau RfC agen risikonya, maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$C = \frac{RfC \times Wb \times tAVG}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

b) Penentuan waktu pajanan aman (t_E)

Waktu pajanan aman dapat dikelola bila pemajanan terjadi pada lingkungan kerja ataupun lingkungan pendidikan yang tidak permanen seperti pada lingkungan tempat tinggal (pemukiman). Pengelolaan waktu pajanan dilakukan dengan mengurangi jumlah jam terpapar setiap harinya, oleh karenanya hanya dapat dilakukan pada populasi pekerja maupun siswa bukan pada populasi penduduk (masyarakat). Untuk menghitung waktu pajanan aman digunakan persamaan sebagai berikut:

$$tE = \frac{RfC \times Wb \times tAVG}{C \times R \times fE \times Dt}$$

c) Penentuan frekuensi pajanan aman (f_E)

Frekuensi pajanan aman dapat dikelola bila pemajanan terjadi pada lingkungan kerja ataupun lingkungan pendidikan

yang tidak permanen seperti pada lingkungan tempat tinggal (pemukiman). Pengelolaan frekuensi pajanan dilakukan dengan mengurangi jumlah hari terpapar dalam satu tahun, oleh karenanya hanya dapat dilakukan pada populasi pekerja maupun siswa bukan pada populasi penduduk (masyarakat). Untuk menghitung waktu pajanan aman digunakan persamaan sebagai berikut:

$$fE = \frac{RfC \times Wb \times tAVG}{C \times R \times tE \times Dt}$$

Keterangan:

f_E (<i>frequency of exposure</i>)	: Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya yang aman.
RfC (<i>reference concentration</i>)	: Nilai kuantitatif atau dosis suatu agen risiko yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman bagi tubuh.
C (<i>concentration</i>)	: Konsentrasi agen risiko pada udara ambien.
R (<i>rate</i>)	: Laju konsumsi atau banyaknya volume udara (m^3) atau masuk tubuh setiap jamnya.
t_E (<i>time of exposure</i>)	: Lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap harinya.
D_t (<i>duration time</i>)	: Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan.
W_b (<i>weight of body</i>)	: Berat badan manusia.
t_{AVG} (<i>time average</i>)	: Periode waktu rata – rata untuk efek non-karsinogenik

2.8 Etika Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan persetujuan dari Komite Etik Penelitian Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Makassar (No. 480/UN4.14.1/TP.01.02/2025) dan dilanjutkan izin di daerah penelitian, dalam hal ini Pemerintah Daerah Kota Kendari dan instansi terkait dengan penelitian.