

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO PAPARAN PM_{10} TERHADAP GANGGUAN
PERNAPASAN PADA OPERATOR DI SPBU
KOTA PADANG TAHUN 2025**



AYU APSARI

211210520

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG
2025**

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO PAPARAN PM_{10} TERHADAP GANGGUAN
PERNAPASAN PADA OPERATOR DI SPBU
KOTA PADANG TAHUN 2025**

Diajukan ke Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Kemenkes Poltekkes Padang sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan



AYU APSARI

211210520

**PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMENKES POLTEKKES PADANG
2025**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi : "Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator di SPBU Kota Padang Tahun 2025"

Disusun oleh

NAMA : Ayu Apsari

NIM : 211210520

Telah disetujui oleh pembimbing pada tanggal :

Padang, 07 Juli 2025

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


(Evino Sugriarta, SKM, M.Kes)

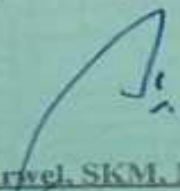
NIP. 19630818 198603 1 004


(Sari Arlinda, SKM, MKM)

NIP. 19800902 200501 2 004

Padang, Juli 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan


(Darwel, SKM, M.Epid)
NIP. 19800914 200604 1 012

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

"ANALISIS RISIKO PAPARAN PM_{10} TERHADAP GANGGUAN
PERNAPASAN PADA OPERATOR DI SPBU
KOTA PADANG TAHUN 2025"

Disusun Oleh
AYU APSARI
NIM 211210520

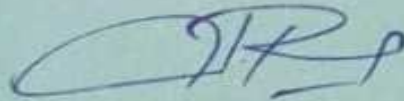
Telah dipertahankan dalam seminar di depan Dewan Penguji
Pada tanggal : 16 Juli 2025

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Ketua,

Afridon, ST, M.Si

NIP. 19790910 200701 1 016



Anggota,

Dr. Burhan Muslim, SKM, M.Si

NIP. 19610113 198603 1 002



Anggota,

Evino Sugriarta, SKM, M.Kes

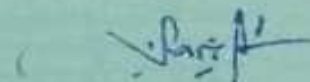
NIP. 19630818 198603 1 004



Anggota,

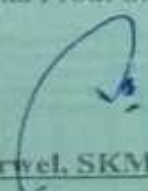
Sari Arlinda, SKM, MKM

NIP. 19800902 200501 2 004



Padang, 31 Juli 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan



Darvel, SKM, M.Epid

NIP. 19800914 200604 1 012

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama Lengkap : Ayu Apsari
NIM : 211210520
Tempat/Tanggal Lahir : Koto Birah/ 19 April 2002
Tahun Masuk : 2021
Nama PA : Dr. Burhan Muslim, SKM, M.Si
Nama Pembimbing Utama : Evino Sugriarta, SKM, M.Kes
Nama Pembimbing Pendamping : Sari Arlinda, SKM, MKM

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan hasil Karya Ilmiah saya, yang berjudul : "Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator Di SPBU Kota Padang Tahun 2025".

Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiat), maka saya bersedia menerima sanksi akademik.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Padang, 19 Juni 2025

Yang Menyatakan



(Ayu Apsari)

NIM : 211210520

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya penulis sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah penulis nyatakan dengan benar

Nama : AYU APSARI
Nim : 211210520

Tanda Tangan



Tanggal : 7 Juli 2025

HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Kemenkes Poltekkes Padang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ayu Apsari
NIM : 211210520
Program Studi : Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Jurusan : Kesehatan Lingkungan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada kemenkes poltekkes padang **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas Skripsi saya yang berjudul :

Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator Di SPBU Kota Padang Tahun 2025.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Kemenkes Poltekkes Padang berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Padang

Pada Tanggal : 31 Juli 2025

Yang Menyatakan



(Ayu Apsari)

HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Kemenkes Poltekkes Padang, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ayu Apsari
NIM : 211210520
Program Studi : Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Jurusan : Kesehatan Lingkungan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada kemenkes poltekkes padang **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-free Right*) atas Skripsi saya yang berjudul :

Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator Di SPBU Kota Padang Tahun 2025.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Kemenkes Poltekkes Padang berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Padang

Pada Tanggal : 31 Juli 2025

Yang Menyatakan

(Ayu Apsari)

**Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan
Lingkungan, Kemenkes Poltekkes Padang, Skripsi Juli 2025**

Ayu Apsari

**Analisis Risiko Paparan PM₁₀ Terhadap Gangguan Pernapasan Pada
Pekerja di SPBU Kota Padang Tahun 2025**

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Kota Padang menyebabkan lonjakan emisi partikulat udara, terutama Particulate Matter 10 (PM₁₀) yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar. Salah satu lokasi dengan tingkat paparan tinggi adalah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), di mana operator terpapar langsung oleh emisi kendaraan setiap hari. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah belum adanya pengendalian mutu udara secara berkala serta rendahnya penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), yang mengakibatkan operator berisiko mengalami gangguan pernapasan akibat paparan jangka panjang terhadap PM₁₀.

Jenis penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), yang meliputi identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pajanan, dan karakterisasi risiko. Penelitian dilakukan di tiga SPBU yaitu SPBU Indarung, Coco Mata Air, dan Ampang. Sampel penelitian terdiri dari operator yang telah memenuhi kriteria inklusi dan konsentrasi PM₁₀ diukur menggunakan alat High Volume Air Sampler (HVAS) dan kuesioner.

Bahaya yang teridentifikasi mencakup debu dari kendaraan yang mengantri dan meninggalkan SPBU, penggunaan APD yang belum optimal, serta belum adanya program pengendalian mutu udara. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi PM₁₀ di SPBU Indarung sebesar 1,10 mg/m³, Coco Mata Air 0,092 mg/m³, dan Ampang 0,13 mg/m³, yang semuanya melebihi ambang batas Permenaker No. 5 Tahun 2018 1 mg/m³. Analisis risiko menunjukkan 60% operator mengalami gangguan pernapasan. Operator di SPBU Indarung memiliki nilai RQ > 1 *lifetime*, sedangkan SPBU Coco Mata Air dan Ampang menunjukkan risiko masih aman.

Diharapkan pengelola SPBU meningkatkan upaya mitigasi seperti sosialisasi penggunaan APD, pemantauan kualitas udara secara berkala, dan penanaman vegetasi sebagai penghalang alami polusi.

xvi + 46 halaman + 7 gambar + 33 Daftar Pustaka (2012-2024) + 10 tabel + 8 lampiran.

Kata Kunci: Risiko, PM₁₀, SPBU, Gangguan Pernapasan, ARKL

Bachelor of Applied Environmental Sanitation Program, Department of Environmental Health, Ministry of Health, Poltekkes Padang, Thesis June 2025.

Ayu Apsari

Risk Analysis of PM₁₀ Exposure on Respiratory Disorders Among Operators at Public Fuel Filling Stations in Padang City in 2025

ABSTRACT

The increase in the number of motor vehicles in Padang City has led to a rise in airborne particulate emissions, particularly Particulate Matter 10 (PM₁₀), which is generated from fuel combustion. One of the locations with high exposure levels is the Public Fuel Filling Station (SPBU), where operators are directly exposed to vehicle emissions on a daily basis. The main problem highlighted in this study is the absence of regular air quality monitoring and the low usage of Personal Protective Equipment (PPE), which puts operators at risk of respiratory disorders due to prolonged exposure to PM₁₀.

This research is descriptive in nature, using the Environmental Health Risk Assessment (EHRA) approach, which includes hazard identification, dose-response analysis, exposure assessment, and risk characterization. The study was conducted at three SPBU locations: Indarung, Coco Mata Air, and Ampang. The sample consisted of operators who met the inclusion criteria, and PM₁₀ concentrations were measured using a High Volume Air Sampler (HVAS) and questionnaires.

Identified hazards included dust from vehicles queuing and leaving the SPBU, suboptimal PPE usage, and the absence of air quality control programs. Measurements showed PM₁₀ concentrations of 1.10 mg/m³ at SPBU Indarung, 0.092 mg/m³ at Coco Mata Air, and 0.13 mg/m³ at Ampang—all exceeding the threshold of 1 mg/m³ set by Ministry of Manpower Regulation No. 5 of 2018. Risk analysis indicated that 60% of operators experienced respiratory symptoms. Operators at SPBU Indarung had Risk Quotient (RQ) values > 1 for lifetime exposure, while those at Coco Mata Air and Ampang remained within safe limits.

It is recommended that SPBU management enhance mitigation efforts through increased PPE use, regular air quality monitoring, and planting vegetation as natural pollution barriers.

xvi + 46 pages + 7 image + 33 References (2012-2024) + 10 tables + 8 appendices.

Keywords: Risk, PM₁₀, Gas Stations (SPBU), Respiratory Disorders, ARKL

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi "Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator di SPBU Kota Padang Tahun 2025". Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang. Skripsi ini terwujud atas bimbingan dan pengarahan dari Bapak Evino Sugriarta, SKM, M.Kes selaku pembimbing utama dan Ibu Sari Arlinda, SKM, MKM selaku pembimbing pendamping serta bantuan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Ibu Renidayati, S.Kep, M.Kep, Sp.Jiwa selaku Direktur Kemenkes Politeknik Kesehatan Padang.
2. Dr. Muchsin Riviwanto, SKM, M.Si selaku Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Politeknik Kesehatan Padang.
3. Bapak Darwel, SKM, M.Epid selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Kemenkes Politeknik Kesehatan Padang.
4. Bapak Afridon, ST, M.Si selaku Ketua Dewan Penguji.
5. Bapak Burhan Muslim, SKM, M.Si selaku Penguji Kedua dan sekaligus Pembimbing Akademik.
6. Bapak dan Ibu Dosen sebagai pengajar yang telah memberikan ilmunya kepada peneliti sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Terima kasih kepada pihak manajemen SPBU Kota Padang yang sudah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan penelitian di lingkungan SPBU dan untuk kepada operator yang telah bersedia menjadi responden dan memberikan data.
8. Kedua orang tua tersayang, Ayah dan Ibu. Terima kasih penulis ucapkan atas segala pengetahuan dan ketulusan yang diberikan.

Meskipun ayah dan ibu tidak sempat merasakan Pendidikan dibangku perkuliahan, namun selalu senantiasa memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial, serta memprioritaskan pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Perjalanan hidup kita sebagai satu keluarga yang tidak utuh memang tidak mudah, tetapi segala hal yang telah dilalui memberikan penulis pelajaran yang sangat berharga tentang arti menjadi seorang Perempuan yang kuat, bertanggung jawab, selalu berjuang dan mandiri. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat membuat ayah dan ibu lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak bungsunya ini menyandang gelar sarjana seperti yang diharapkan. Besar harapan penulis semoga ayah dan ibu selalu sehat, panjang umur dan bisa menyaksikan keberhasilan lainnya yang akan penulis raih di masa yang akan datang.

9. Kakak Asriana Defita dan abang Syafri Wahyudi yang selalu membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi adik bungsu dengan harapan terakhir keluarga.
10. Terima kasih kepada Rusli Family yang telah menjadi sumber semangat dan pelipur lara di Tengah tekanan dan kelelahan. Dukungan moral, perhatian, serta doa- doa yang kalian panjatkan telah memberi saya kekuatan untuk terus melangkah.
11. Terima kasih yang tulus kepada Sobat Bubur Ayam yang selalu ada dalam setiap tawa dan air mata. Kehadiran kalian menjadi pengingat bahwa saya tidak pernah sendiri. Terima kasih telah memberi ruang untuk bercerita, menangis, dan tertawa tanpa menghakimi.
12. Kepada sahabat dari TK (Dilla, Nanda, Jeha) yang masih bersama penulis hingga saat ini. Terima kasih kepada sahabaat lama yang tetap memberi arti dari apa itu sahabat meski waktu dan jarak memisahkan kalian tetap bagian dari perjalanan penulis.
13. Kepada Poltekkes Kemenkes penulis ucapkan sangat berterima kasih sangat besar, karena dengan menerima penulis menjadi bagian dari

14. Poltekkes Kemenkes, penulis dapat bertemu dengan cinta pertama kembali setelah 14 tahun.
15. Last but not least. Saya berterimakasih kepada satu sosok agadis yang selama ini berjuang tanpa henti, seorang Perempuan dengan hati kecil dan Impian besar. Terima kasih kepada peneliti skripsi ini yaitu Ayu Apsari, ya! diri saya sendiri yang telah bekerja keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. Rayakan apapun dalam dirimu dan jadikan dimanapun dirimu sebagai sosok yang bermanfaat untuk dirimu sendiri maupun orang lain. Aku berdoa untuk langkah selanjutnya selalu diperkuat, dikelilingi orang baik dan hebat, serta mimpimu itu persatu akan terjawab, Aamiin.

Akhir kata, penulis berharap berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu.

Padang, Juli 2025

Ayu Apsari

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan	5
D. Ruang Lingkup.....	6
E. Manfaat	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
A. Gangguan Pernapasan	7
B. <i>Particulate Matter</i> 10	9
C. Stasiun Bahan Bakar	11
D. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	12
E. Kerangka Teori.....	19
F. Kerangka Konsep	20
G. Definisi Operasional.....	21
 BAB III METODE PENELITIAN	 22
A. Jenis Penelitian.....	22
B. Waktu dan Tempat	22
C. Populasi dan Sampel	22
D. Teknik Dan Alat Pengumpul.....	23
E. Instrumen Penelitian.....	24
F. Teknik Pengolahan Data	24
G. Analisis Data	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 25
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	25
B. Hasil	27
C. Pembahasan.....	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	45
B. Hasil	46
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perjalanan Partikel Debu pada Saluran Pernafasan	8
Gambar 2. Kerangka Teori	19
Gambar 3. Kerangka Konsep	20
Gambar 4. SPBU Kksp Indarung	26
Gambar 5. SPBU Coco Mata Air	26
Gambar 6. SPBU Ampang	27
Gambar 7. Tanaman Penyerap Polutan	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien	11
Tabel 2.2 Definisi Operasional	21
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran PM ₁₀ di Lingkungan Kerja 3 SPBU Kota Padang Tahun 2025	27
Tabel 4.2 Gangguan Pernapasan	28
Tabel 4.3 Gambaran Gangguan Pernapasan	28
Tabel 4.4 Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Operator di SPBU Kota Padang	30
Tabel 4.5 Intake Realtime dan Lifetime SPBU Indarung	31
Tabel 4.6 Intake Realtime dan Lifetime SPBU Coco Mata Air	32
Tabel 4.7 Intake Realtime dan Lifetime SPBU Ampang	32
Tabel 4.8 Analisis Dosis-Respon PM ₁₀	33
Tabel 4.9 Jenis Tanaman Yang Mampu Menyerap Debu diluar Ruangan	43

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1. Denah Lokasi SPBU Kota Padang Tahun 2025
- LAMPIRAN 2. Surat Izin Penelitian
- LAMPIRAN 3. Perhitungan Konsentrasi PM_{10}
- LAMPIRAN 4. Perhitungan R_{fc}
- LAMPIRAN 5. Kuesioner
- LAMPIRAN 6. Analisis Menggunakan Kuesioner
- LAMPIRAN 7. Master Tabel
- LAMPIRAN 8. Dokumentasi Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Zaman modern sekarang ini masyarakat memiliki aktivitas yang beragam, dan untuk memenuhinya masyarakat menginginkan adanya transportasi sebagai alat penunjang dalam melakukan aktivitas.¹ Transportasi merupakan suatu proses perpindahan orang, barang atau hewan dari tempat asal ke tempat tujuan dengan menggunakan berbagai sarana. Tujuan utama dari transportasi adalah untuk mempercepat dan memperlancar mobilitas, baik untuk keperluan pribadi, bisnis, maupun industri.²

Peningkatan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan kapasitas ruang yang ada, sehingga hal ini menjadi salah satu penyebab utama kemacetan lalu lintas, khususnya di kota-kota besar, dan juga menghambat pemanfaatan bahan bakar bensin.³ Terutama, mesin yang tidak terbakar dengan sempurna karena kurangnya perhatian terhadap perawatan kendaraan akan berisiko lebih tinggi menyebabkan pencemaran udara. Kondisi polusi udara ini dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia salah satunya kardiovaskular.⁴

Dampak dari pembakaran bahan bakar kendaraan semakin terasa di wilayah perkotaan dengan tingkat lalu lintas yang tinggi, terutama saat terjadi kemacetan. Situasi ini memperburuk efek polusi kendaraan terhadap kesehatan karena adanya paparan langsung terhadap sumber polusi. Polusi udara luar ruangan merupakan salah satu masalah kesehatan lingkungan utama yang memengaruhi berbagai lapisan masyarakat, baik di negara berpenghasilan rendah, menengah, maupun tinggi.⁵

Menurut data terbaru dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), polusi udara menjadi penyebab sekitar 6,7 juta kematian dini setiap tahun. Dari angka tersebut, sebanyak 4,2 juta kematian diakibatkan oleh paparan polusi udara luar ruangan, dengan 63 % di antaranya terkait dengan partikel halus seperti PM₁₀. Menurut laporan Global Burden of Disease (GBD) Tahun 2019, polusi udara di Indonesia menyebabkan sekitar 123.000 kematian dini setiap tahun. Di Kota Jakarta tingkat PM₁₀ sering mencapai 70-90 µg/m³ jauh melebihi ambang batas aman WHO

sebesar $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan Permenkes no 2 tahun 2023. Di Sumatera Barat, berdasarkan proporsi populasi diperkirakan Sumatera Barat menyumbang 1-2 % dari total kematian dini nasional akibat polusi udara atau sekitar 1.200-2.500 kematian pertahun. Diperkirakan polusi udara berkontribusi pada kematian dini per tahun di Kota Padang. Fenomena ini selaras dengan fakta bahwa transportasi, terutama transportasi darat merupakan salah satu penyumbang utama polusi udara yang menghasilkan emisi gas buang berbahaya dan partikel-partikel yang dapat terhirup yang memberikan dampak bagi manusia dan lingkungan.⁵

Polusi udara di lingkungan kerja merupakan masalah signifikan yang dapat memengaruhi kesehatan karyawan sekaligus menurunkan produktivitas perusahaan. Sumber pencemaran udara di tempat kerja umumnya meliputi emisi dari mesin produksi.⁶ Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) merupakan salah satu lokasi dengan tingkat pencemaran udara yang tinggi. Operator SPBU berisiko terpapar polusi udara yang berasal dari debu kendaraan yang mengantri untuk mengisi bahan bakar maupun dari kendaraan yang baru saja meninggalkan area SPBU setelah selesai mengisi. Kondisi ini menunjukkan bahwa paparan PM_{10} juga dari aktivitas operasional di SPBU itu sendiri, yang berisiko tinggi bagi operator yang menghabiskan waktu berjam-jam di area tersebut.⁷

Partikulat dengan ukuran kurang dari 10 mikrometer, yang dikenal sebagai PM_{10} bersumber dari aktivitas gunung berapi, industry, batu bara, pembakaran sampah, kendaraan bermotor, dan mesin diesel yang tidak terawat. PM_{10} berdampak terhadap kesehatan, termasuk gangguan pernapasan, gangguan penglihatan, dan gangguan mata (iritasi). Particulate matter memiliki dampak yang lebih signifikan pada manusia dibandingkan dengan jenis polutan lainnya.⁸ Paparan jangka panjang terhadap PM_{10} dapat meningkatkan risiko penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) dan penurunan fungsi paru, serta menjadi masalah kesehatan yang lebih serius, sehingga upaya pemantauan dan pengurangan paparan terhadap polutan ini menjadi sangat penting.⁹

Salah satu sumber utama PM_{10} adalah emisi kendaraan bermotor. Pada tahun 2023, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 154,2 juta unit,

yang terdiri dari 128,7 juta unit sepeda motor dan 19,2 juta unit mobil penumpang. Jumlah ini diperkirakan meningkat menjadi 164 juta unit pada tahun 2024, mencerminkan kenaikan sebesar 6,3 %. Tren pertumbuhan kendaraan yang terus meningkat ini berpotensi menambah kemacetan, meningkatkan konsumsi bahan bakar, serta memperburuk kualitas udara di berbagai daerah, terutama di wilayah perkotaan yang padat. Data tersebut mengindikasikan adanya peningkatan jumlah kendaraan setiap tahun, yang berkontribusi pada peningkatan polusi udara.¹⁰

Di Sumatra Barat, jumlah kendaraan bermotor meningkat dari 2.678.000 unit pada tahun 2022 menjadi 2.850.000 unit pada tahun 2023, dengan persentase kenaikan sebesar 6,4%. Tren ini sejalan dengan pertumbuhan nasional, meskipun dalam skala yang lebih kecil. Sementara itu, Kota Padang mengalami lonjakan yang jauh lebih signifikan, dengan jumlah kendaraan bermotor meningkat dari 496.662 unit pada tahun 2022 menjadi 841.140 unit pada tahun 2024, atau naik sebesar 69,4%. Pertumbuhan yang sangat pesat ini dapat menyebabkan peningkatan polusi udara yang signifikan serta tekanan lebih besar terhadap infrastruktur transportasi di kota tersebut.¹¹ Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin banyak kendaraan yang beroperasi, semakin tinggi pula emisi PM_{10} yang dilepaskan ke udara.¹² Mengoperasikan kendaraan bermotor memerlukan bahan bakar, yang biasanya diperoleh melalui SPBU. Operator di SPBU berisiko terpapar bensin dan emisi knalpot kendaraan, terutama saat kendaraan mengantri atau meninggalkan area pengisian. Selain itu, lokasi SPBU yang umumnya berada di pinggir jalan raya semakin meningkatkan paparan polutan udara bagi petugas, terutama dari debu partikulat (PM_{10}) yang berasal dari kendaraan bermotor.¹³

Riset yang berhubungan dengan analisis risiko kesehatan lingkungan yang telah dilakukan oleh Pertiwi di jalan Diponegoro Ungaran pada tahun 2024 mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan paparan debu PM_{10} dan $PM_{2,5}$ pada relawan lalu lintas di jalan Diponegoro Ungaran, dimana sampel udara di ambil 24 titik salah satunya di SPBU, konsentrasi pada semua titik sampling udara ambien berada pada konsentrasi tinggi dan tidak memenuhi persyaratan yang di

rekomendasikan oleh WHO, namun angka ini masih memenuhi persyaratan standar baku luar ruangan yang ditetapkan oleh Permenkes no 2 tahun 2023.

Berdasarkan pengamatan terhadap 4 SPBU yang mewakili 26 SPBU di Kota Padang, pola persebarannya mencakup wilayah Barat, Utara, Timur, dan Selatan. Jenis bahan bakar yang tersedia di SPBU tersebut meliputi Peralite, Pertamina, dan Solar. Aktivitas di SPBU mencakup pengisian air radiator, pengawasan minyak di tangki bawah tanah, serta proses pengisian dan antrean bahan bakar. Pekerja operator lebih berisiko karena berhubungan langsung dengan proses tersebut. Selama pengisian BBM, operator berpotensi terpapar PM_{10} yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang mesinnya tidak dimatikan, di mana asap kendaraan turut memengaruhi kualitas udara di sekitar area pengisian. Selain itu, operator juga tidak selalu menggunakan alat pelindung diri secara lengkap sehingga meningkatkan risiko paparan terhadap bahaya.

Hasil observasi yang peneliti lakukan di 4 SPBU dilihat berdasarkan letak yang strategis dengan lalu lintas kendaraan yang tinggi yaitu SPBU Pertamina Indarung, SPBU Coco Mata Air, SPBU Ampang, dan SPBU Lubuk Buaya. Salah satu dari 4 SPBU menunjukkan tingginya aktivitas di SPBU Indarung tersebut, karena lokasinya merupakan jalur lalu lintas Sumatera yang menghubungkan Kota Padang dengan Solok dan dekat dengan industri Semen Padang. Dari hasil wawancara yang dilakukan terhadap 3 dari 5 operator SPBU Indarung yang telah bekerja selama delapan bulan terakhir, peneliti menemukan adanya keluhan kesehatan dirasakan. Para operator menyatakan bahwa mereka kerap mengalami gejala umum seperti batuk, rasa tidak nyaman pada tenggorokan, dan sesak ringan saat bekerja, terutama ketika melakukan pengisian bahan bakar maupun saat menunggu pelanggan tanpa menggunakan alat pelindung diri (APD) selama aktivitas di tempat kerja. Selain itu, area SPBU umumnya merupakan ruang terbuka tanpa penghalang fisik terhadap debu dan emisi, sehingga polutan udara dapat menyebar dengan bebas. Ditambah lagi, tidak semua operator memiliki pemahaman mengenai risiko paparan bahan kimia atau dampak jangka panjang dari paparan partikulat terhadap kesehatan.

Penelitian ini semakin memperkuat ketertarikan peneliti untuk melakukan penelitian tentang Analisis Risiko Paparan PM_{10} Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator di SPBU Kota Padang 2025. Dengan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat risiko yang dihadapi operator SPBU dan merekomendasikan langkah-langkah mitigasi yang sesuai untuk paparan PM_{10} . Metode ini dipilih karena mampu menilai risiko kesehatan akibat paparan zat beracun secara kuantitatif dan sistematis, berdasarkan data lingkungan, karakteristik operator, serta pola aktivitas di lokasi penelitian. Keunggulan ARKL mencakup penilaian risiko berbasis bukti dan rekomendasi mitigasi.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari latar belakang diatas adalah bagaimana analisis risiko paparan PM_{10} terhadap gangguan pernafasan pada operator di SPBU Kota Padang 2025.

C. Tujuan

1. Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis risiko paparan PM_{10} pada operator di SPBU Kota Padang

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui identifikasi sumber bahaya dari pajanan PM_{10} di SPBU Kota Padang 2025
- b. Diketuinya gangguan pernafasan pada operator di SPBU Kota Padang 2025.
- c. Mengetahui analisis dosis-respon pada operator di SPBU Kota Padang 2025.
- d. Mengetahui analisis pajanan di SPBU Kota Padang 2025.
- e. Menentukan karakteristik risiko kesehatan pada operator pengisian minyak di SPBU Kota Padang 2025.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah mengidentifikasi bahaya paparan PM_{10} terhadap operator SPBU, mengetahui kadar PM_{10} , menganalisis pajanan kadar PM_{10} terhadap operator SPBU, dan menentukan karakterisasi risiko kesehatan terhadap paparan PM_{10} pada Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar (SPBU) di Kota Padang Tahun 2025

E. Manfaat

1. Bagi Peneliti

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan sumber pengetahuan untuk menambah ilmu bagi peneliti lain.

2. Bagi Institusi

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebagai sumber data dan informasi mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan.

3. Bagi SPBU

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi pemilik industri dan operator mengenai kualitas udara, serta dapat mengetahui tingkat risiko kesehatan akibat pajanan PM_{10} dalam melakukan pertimbangan di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

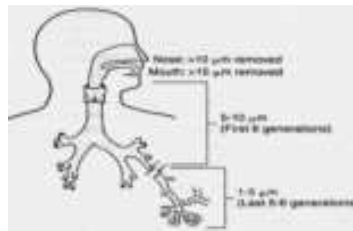
A. Gangguan Pernapasan

1. Definisi Gangguan Pernapasan

Gangguan pernapasan merujuk pada kondisi medis yang memengaruhi kemampuan tubuh untuk bernapas secara normal, yang dapat disebabkan oleh berbagai penyakit atau kondisi medis. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia, penyakit pernapasan kronis adalah kondisi medis jangka panjang yang memengaruhi sistem pernapasan manusia. Penyakit ini dapat memengaruhi saluran napas atas seperti sinus dan hidung, atau saluran napas bawah seperti bronkus dan paru-paru. Penyakit pernapasan kronis dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk polusi udara, infeksi saluran napas, merokok, dan factor genetik. Beberapa contoh penyakit pernapasan kronis adalah asma, bronchitis kronis, emfisema, dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK).¹⁴

2. Faktor Risiko Gangguan Pernapasan yang terkait PM₁₀

Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernafasan akan disisihkan bergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernafasan atas, sedangkan partikel kecil (inhalable) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel inhalable adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM₁₀). PM₁₀ diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernapasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis Toksisitas dari partikel inhalable bergantung dari komposisinya.¹⁵



Gambar 1 Perjalanan Partikel Debu pada Saluran Pernafasan

(Sumber : Buku bahan ajar Penyehatan Udara 2018)¹⁶

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efek kesehatan yang berhubungan dengan paparan partikulate:

- a. Komposisi kimia dan sifat fisik dari partikel
- b. Konsentrasi massa partikel udara
- c. Ukuran partikel (partikel yang lebih kecil dapat dikaitkan dengan efek yang lebih buruk karena mereka dapat terhirup lebih dalam ke paru-paru)
- d. Durasi paparan (jangka pendek dan jangka panjang)¹⁷

3. Efek Gangguan Pernapasan yang Terikat dengan Paparan PM_{10}

Partikel debu selalu ada di udara dalam waktu yang lama terutama di musim kemarau dan masuk ke dalam tubuh melalui rongga pernapasan bagian atas. Sumber partikulate ini berasal dari aktivitas gunung berapi, industri, batu bara, pembakaran sampah, kendaraan bermotor, pembakaran hutan dan mesin diesel yang tidak terawat. Sehingga berdampak pada kesehatan manusia seperti gangguan pernapasan, gangguan penglihatan dan gangguan mata (iritasi).⁸ Beberapa gangguan pernapasan yang berhubungan dengan paparan PM_{10} adalah:

- a. Jangka pendek: reaksi radang paru-paru, ISPA/ gejala pada saluran pernapasan, meningkatkan efek pada sistem kardiovaskular.
- b. Jangka panjang: peningkatan gejala saluran pernapasan bawah, eksaritasi asma, penurunan fungsi paru-paru, peningkatan obstruksi paru kronis.¹⁷

B. *Particulate Matter* 10

1. Pengertian *Particulate Matter* 10 (PM₁₀)

Particulate Matter 10 (PM₁₀) adalah partikulat padat atau cair yang melayang di udara dengan nilai ukuran diameter aerodinamik kurang dari 10 mikro. Partikulat ukuran kurang dari 10 mikro mempunyai beberapa nama lain, yaitu PM₁₀ sebagai *inhalabel particles*, *respirable particulate*, *respirable dust* dan *inhalabel dust*. PM₁₀ merupakan kelompok partikulat yang dapat diinhalasikan (*inhalable*), yang ukurannya PM₁₀ lebih spesifik merupakan partikulat yang *respirable* dan prediktor kesehatan yang baik.¹⁷

Particulate Matter (PM) merupakan bagian kecil dari material padat yang terdispersi dalam gas atau cair. PM dapat terbentuk melalui emisi langsung ke udara, yang dikenal sebagai partikulat primer, serta melalui proses pembentukan sekunder di atmosfer. Proses ini melibatkan emisi gas seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, amonia, dan senyawa organik volatil non-metana yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, termasuk pembangkit listrik, industri, transportasi, serta dari proses alami.¹⁸

2. Sumber PM₁₀

Menurut National Pollution Inventory, Australian Government, PM₁₀ dapat berasal dari sumber-sumber sebagai berikut :

- a. Sumber industri: PM₁₀ yang dihasilkan dari berbagai proses industri melalui material handling curah, pembakaran dan pengelolaan material.
- b. Sumber alami: PM₁₀ yang berasal dari pembakaran hutan dan aktivitas gunung berapi
- c. Sumber Transportasi: Kendaraan yang menghasilkan partikel baik dari emisi langsung dari pembakaran bahan bakar, keausan ban dan kendaraan yang dihasilkan turbulensi udara di jalan raya. Partikel juga dapat dihasilkan dari aksi angin pada materi berdebu bahwa kendaraan dapat membawa.¹⁷

Penelitian Estimasi Emisi Partikulat (PM₁₀) akibat Ragam Aktivitas Urban di Kota Surakarta oleh Setyono pada tahun 2020 memberikan wawasan yang penting mengenai distribusi emisi PM₁₀ akibat aktivitas

urban di Surakarta. Hasilnya menunjukkan bahwa transportasi adalah penyumbang terbesar emisi PM_{10} , diikuti oleh sektor PKL dan industri. Dengan pendekatan yang tepat, mitigasi emisi dapat dilakukan melalui kebijakan transportasi, regulasi industri, dan pengelolaan energi yang lebih baik.¹⁹

3. Dampak *Particulate Matter* 10 (PM_{10})

Particulate Matter (PM), termasuk dalam 11 parameter pencemar udara sebagaimana diatur dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 merupakan salah satu polutan udara yang berdampak signifikan terhadap kesehatan.²⁰ Menurut EPA (*Environmental Protection Agency*), paparan terhadap partikel PM_{10} dapat memengaruhi paru-paru dan jantung. Sejumlah penelitian ilmiah telah mengaitkan paparan polusi partikel dengan berbagai masalah, sebagai berikut :

- a. Meningkatkan gejala gangguan pernapasan seperti iritasi, batuk-batuk, dan kesulitan bernafas
- b. Menurunkan fungsi paru
- c. Memperparah Penyakit asma
- d. Serangan jantung
- e. Menimbulkan bronkitis kronis
- f. Kematian dini bagi penderita penyakit jantung dan paru-paru.²¹

Penelitian oleh WHO (2020) menyebutkan bahwa peningkatan konsentrasi PM_{10} sebesar $10 \mu g/m^3$ dapat meningkatkan risiko gangguan pernapasan hingga 8 %.

4. Nilai Baku Mutu Kualitas Udara Ambien

Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hi dup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Baku mutu udara ambien merupakan batas maksimum kandungan zat, energi, atau unsur tertentu, termasuk zat pencemar, yang harus dikelola dan dikendalikan keberadaannya di udara ambien. Ketentuan ini merujuk pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 5

Tahun 2018. Di dalam regulasi tersebut terdapat tabel yang memuat nilai baku mutu udara ambien secara nasional sebagai acuan untuk memastikan kualitas udara tetap mendukung kesehatan dan lingkungan.²²

Tabel 2.1 Nilai Baku Mutu Udara Ambien

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
PM ₁₀	8 Jam	1 mg/m ³	Gravimetri	HVAS

Sumber: Permennaker No 5 Tahun 2018²²

C. Stasiun Bahan Bakar (SPBU)

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) adalah tempat kendaraan bermotor bisa memperoleh bahan bakar. SPBU pada umumnya menyediakan beberapa jenis bahan bakar yaitu premium, pertalite, pertamax, dan solar. SPBU merupakan salah satu usaha yang berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan bahan bakar minyak (BBM) untuk kendaraan bermotor. Peningkatan jumlah penggunaan kendaraan bermotor menyebabkan berkembangnya jumlah SPBU.²³

Operator di SPBU merupakan salah satu kelompok rentan terhadap paparan PM₁₀. Kondisi kerja mereka melibatkan kontak langsung dengan sumber emisi kendaraan bermotor, disertai paparan tambahan dari uap bahan bakar. Lamanya waktu kerja, kurangnya ventilasi di lokasi SPBU, dan minimnya penggunaan alat pelindung diri (APD) menjadi faktor yang memperbesar risiko.⁷

1. Faktor Risiko Umum

- a. Kondisi lingkungan umum di sekitar SPBU (kualitas udara ambien, lokasi SPBU yang dekat dengan jalan raya besar).
- b. Polusi dari aktivitas lain di sekitar SPBU seperti aktivitas industri atau transportasi umum.

2. Faktor Risiko Khusus

- a. Durasi paparan : Operator SPBU sering bekerja dalam shift panjang, sehingga paparan PM₁₀ yang mereka terima lebih signifikan dibandingkan kelompok lain.

- b. Paparan kombinasi : Selain PM10, operator juga terpapar polutan lain seperti benzena dari uap bahan bakar, yang dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan secara sinergis.
- c. Penggunaan alat pelindung diri (APD) yang minim : Operator sering kali tidak menggunakan APD yang memadai, sehingga meningkatkan paparan langsung terhadap polutan berbahaya
- d. Frekuensi kontak dengan sumber emisi : Operator sering berada dekat dengan kendaraan yang sedang mengisi bahan bakar, yang meningkatkan risiko terpapar emisi langsung dari kendaraan.

D. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

1. Pengertian ARKL

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk menghitung atau memperkirakan risiko terhadap kesehatan manusia. Pendekatan ini mencakup identifikasi faktor-faktor ketidakpastian, penelusuran paparan terhadap zat tertentu, serta mempertimbangkan karakteristik agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik. ARKL lebih difokuskan pada kajian kuantitatif mengenai kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan.²⁴

2. Paradigma Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Mengacu pada *Risk Assessment and Management Handbook* yang diterbitkan pada tahun 1996, analisis risiko terdiri dari dua istilah utama, yaitu analisis risiko dan penilaian risiko. Analisis risiko mencakup tiga komponen, yaitu penelitian, penilaian risiko (*risk assessment*) atau ARKL, dan pengelolaan risiko. Dalam proses ini, analisis risiko dapat diilustrasikan dengan cara berikut :

- a. Penelitian : bertujuan untuk merumuskan hipotesis, melakukan pengukuran, pengamatan, serta memahami dampak bahaya atau agen risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia. Proses ini dapat dilakukan melalui eksperimen di laboratorium maupun studi lapangan, dengan tujuan mengidentifikasi efek, respons, atau perubahan yang terjadi pada tubuh manusia akibat paparan dosis tertentu, serta

menentukan nilai referensi yang dianggap aman dari agen risiko tersebut.

- b. Asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL : Kegiatan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi berbagai bahaya yang dapat membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respons tubuh berdasarkan hasil berbagai penelitian, mengukur tingkat paparan terhadap agen risiko tersebut, serta menetapkan tingkat risiko dan dampaknya pada populasi.
- c. Pengelolaan risiko : Tindakan ini dilakukan apabila asesmen risiko menunjukkan bahwa tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak dapat diterima oleh populasi tertentu. Langkah-langkah yang diambil meliputi pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis, sosial, ekonomi, dan politis, serta pelaksanaan tindak lanjut yang diperlukan.

3. Langkah-langkah Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Perumusan masalah sebelum melaksanakan langkah-langkah ARKL bertujuan untuk menjawab pertanyaan terkait apa, di mana, seberapa besar, kapan, siapa yang termasuk populasi berisiko, serta bagaimana tingkat kepedulian masyarakat terhadap risiko tersebut. Rumusan ini menjadi dasar untuk menjelaskan alasan perlunya analisis risiko terhadap suatu agen risiko dan akan dimasukkan ke dalam laporan sebagai bagian dari latar belakang.

a. Langkah 1 : Identifikasi Bahaya (*hazard identification*)

Identifikasi bahaya merupakan langkah awal dalam ARKL yang bertujuan untuk secara spesifik mengidentifikasi agen risiko yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan ketika tubuh terpajan. Sebagai pendukung, proses ini juga dapat mencakup informasi tentang gejala-gejala gangguan kesehatan yang berkaitan erat dengan agen risiko yang dianalisis. Tahap ini harus mampu menjawab pertanyaan terkait agen risiko spesifik yang berbahaya, media lingkungan tempat agen risiko berada, tingkat kandungan atau konsentrasi agen risiko di

media lingkungan tersebut, serta gejala ke sehatan yang mungkin muncul akibat paparan.

b. Langkah 2 : Analisis dosis – respon (*dose-response assessment*)

Setelah identifikasi bahaya dilakukan (meliputi agen risiko, konsentrasi, dan media lingkungan), Langkah berikutnya adalah melakukan analisis dosis-respons. Tahap ini bertujuan untuk menentukan nilai RfD , RfC , dan/atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami berbagai efek yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut terhadap tubuh manusia. Analisis ini tidak selalu memerlukan penelitian eksperimental langsung, tetapi dapat dilakukan dengan merujuk pada literatur yang sudah tersedia.

- 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.

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

- a) 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.
- b) 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.

- c) 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.
- d) 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*).

c. Langkah 3 : Analisis pajanan (*exposure assessment*)

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan Analisis pajanan yaitu Dengan mengukur atau menghitung intake / asupan dari agen risiko. Untuk menghitung intake digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dll), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai default yang tersedia. Rumus perhitungan yang digunakan merupakan sebagai berikut :

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

Keterang :

- Ink* = Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya.
- C* = Konsentrasi agen risikopada media udara (udara ambien).

R	= Inhalasi atau banyaknya volume udara yang masuk setiap jamnya.
tE	= Lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap harinya.
fE	= Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya.
Dt	= Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan
Wb	= Berat badan manusia / populasi / kelompok populasi.
Tavg (nk)	= Periode waktu rata – rata untuk efek non karsinogen.

d. Langkah 4 : Karakterisasi risiko (*risk characterization*)

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. 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 Risk Quotient (RQ) Inhalasi (terhirup)/pernapasan :

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

Keterangan :

RQ : *Risk Quotient*

I_{nk} : Intake/asupan (mg/kg/hari)

RfC : Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi (mg/kg/hari)

Interpretasi tingkat risiko non karsinogenik Tingkat risiko yang diperoleh pada ARKL merupakan konsumsi pakar ataupun praktisi, sehingga perlu disederhanakan atau dipilih 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 $\leq$ RfC atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$. Tingkat risiko dikatakan TIDAK AMAN bilamana intake $>$ RfD atau RfC nya atau dinyatakan dengan $RQ > 1$.

4. Pengelolaan Risiko

Adapun cara pengelolaan risiko adalah cara atau metode yang akan digunakan untuk mencapai batas aman tersebut. Cara pengelolaan risiko meliputi beberapa pendekatan yaitu pendekatan teknologi, pendekatan sosial-ekonomis, dan pendekatan institusional. Penjelasan lebih lanjut Langkah-langkah dalam pengelolaan risiko adalah sebagai berikut :

a. Strategi pengelolaan risiko

1) Penentuan batas aman

Batas aman disini adalah batas atau nilai terendah yang menyebabkan tingkat risiko menjadi tidak aman (tidak dapat diterima). Oleh karenanya nilai yang aman adalah nilai di bawah batas amannya sedangkan nilai yang sama dengan batas aman tersebut akan menyebabkan tingkat risiko menjadi tidak aman.

2) Penapisan alternatif (pemilihan skenario) pengelolaan risiko

Penapisan alternatif pengelolaan risiko harus didasarkan pada pertimbangan logis dan turut mempertimbangkan berbagai faktor termasuk cara pengelolaan risikonya.

b. Cara pengelolaan risiko

Pengelolaan risiko selain membutuhkan strategi yang tepat juga harus dilakukan dengan cara atau metode yang tepat. Dalam aplikasinya cara pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui 3 pendekatan yaitu :

1) Pendekatan teknologi

Pengelolaan risiko menggunakan teknologi yang tersedia meliputi penggunaan alat, bahan, dan metode, serta teknik tertentu.

2) Pendekatan sosial-ekonomis

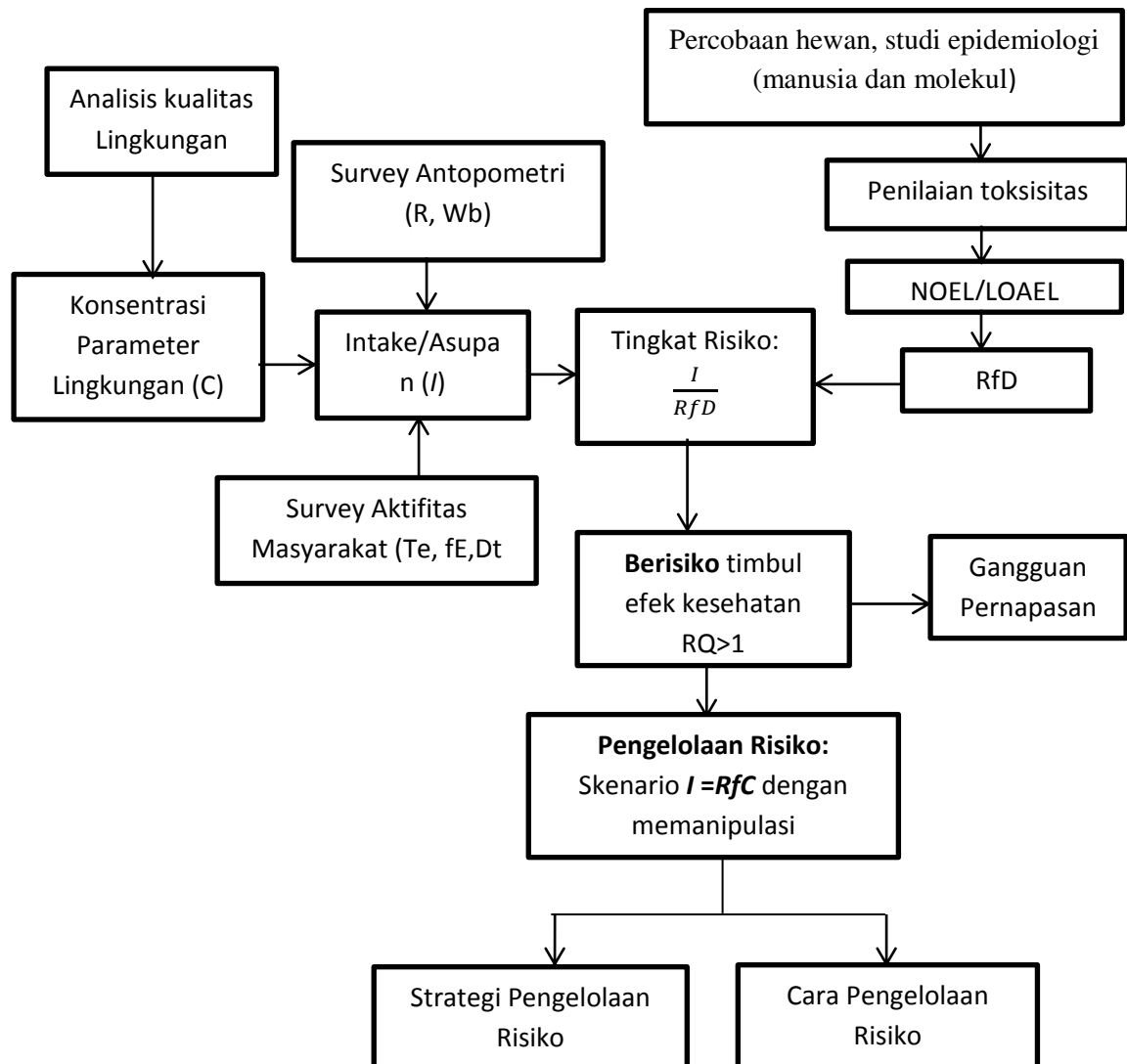
Pengelolaan risiko menggunakan pendekatan sosial – ekonomis meliputi pelibatsertaan pihak lain, efisiensi proses, substitusi, dan penerapan sistem kompensasi.

3) Pendekatan institusional

Pengelolaan risiko dengan menempuh jalur dan mekanisme kelembagaan dengan cara melakukan kerjasama dengan pihak lain.

E. Kerangka Teori

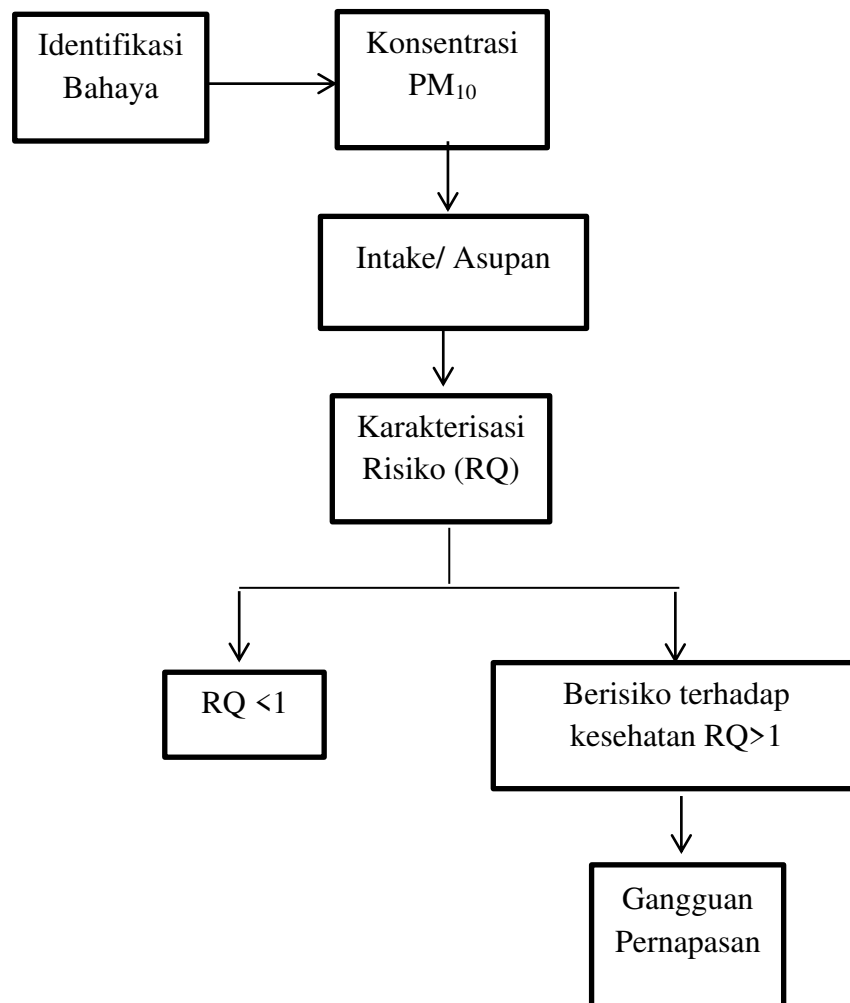
Berdasarkan pada teori sebelumnya, maka kerangka teori yang digunakan pada penelitian ini adalah teori simpul dan teori ARKL sebagai berikut:



Gambar 2. Kerangka Teori dengan Teori ARKL (Ditjen PP dan PL Keemenkes, 2012)²⁴

F. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori di atas, maka penelitian ini dilakukan fokuskan pada analisis risiko paparan PM_{10} terhadap gangguan pernafasan terhadap operator SPBU di Kota Padang Tahun 2025.



Gambar 3 Kerangka Konsep

G. Definisi Operasional

Tabel 2.2 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
Identifikasi bahaya (konsentrasi PM_{10})	Konsentrasi partikel debu (PM ₁₀) di udara sekitar SPBU dalam satuan mg/m^3 .	<i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Gravimetri	mg/m^3	Rasio
Gejala Gangguan Pernapasan	Gejala gangguan pernafasan yang dialami pekerja SPBU berupa sesak nafas, nyeri dada, batuk, dan sakit tenggorokan	Kuesioner	Wawancara	1. Ada gejala yang dirasakan responden 2. Tidak ada gejala yang dirasakan responden	Ordinal
Analisis Dosis Respon (RfC)	Mengalami gangguan pernapasan yang dialami operator selama bekerja berupa	Exposure assessment	$RfC = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{wb \times tavg}$	$mg/Kg/hari$	Rasio
Analisis Paparan PM_{10} (<i>intake</i>)	Jumlah kadar PM_{10} yang terhirup operator SPBU ($kg/hari$).	Exposure assessment	$Ink = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{wb \times tavg}$	$mg/Kg/hari$	Rasio
Karakteristik Risiko (RQ)	Tingkat perkiraan risiko yang diterima oleh individu	Membagi nilai Intake dengan RfC	$R = \frac{I}{RfC}$	Tingkat risiko aman jika $RQ < 1$, tingkat risiko tidak aman jika $RQ > 1$	Ordinal

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif melalui metode analisis risiko kesehatan lingkungan paparan PM_{10} untuk menganalisis kadar debu *particulate matter* 10, karakteristik antropometri, pola aktivitas, angka intake, karakteristik risiko dan prakiraan risiko.

B. Waktu dan Tempat

Untuk waktu Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2025. Penelitian ini dilakukan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Kota Padang tahun 2025.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah 3 SPBU yang ada Di Kota Padang dengan total operator keseluruhan 15 operator.

2. Sampel Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik sampling *purposive* untuk memilih sampel baik pada titik SPBU maupun operator SPBU yang memiliki risiko paparan PM_{10} tertinggi.

Teknik *purposive sampling* dipilih karena tidak semua SPBU dan operator memiliki tingkat paparan PM_{10} yang sama. Oleh karena itu, dipilih sampel yang dianggap paling relevan dan memiliki potensi paparan tertinggi, sehingga hasil penelitian dapat lebih representatif terhadap tujuan penelitian.

a. Sampel titik SPBU

Kriteria pemilihan SPBU :

- 1) Lokasi di area lalu lintas tinggi.
- 2) Jenis kendaraan yang dominan.
- 3) Volume penjualan BBM yang tinggi.
- 4) Tipe dan desain SPBU.
- 5) Lama Operasional.

Berdasarkan kriteria di atas, dipilih 3 SPBU di Kota Padang yang dianggap memiliki potensi paparan PM_{10} tertinggi dan titik pengambilan sampel udara saat pengisian bahan bakar atau meninggalkan area SPBU, lokasi pengambilan sampel ditetapkan sebanyak 3 titik pengukuran yaitu : SPBU Indarung, SPBU Coco Mata Air dan SPBU Ampang.

b. Sampel Operator

Kriteria operator yang dipilih :

- 1) Operator yang telah bekerja minimal 6 bulan di SPBU.
- 2) Operator yang terlibat langsung dalam proses pengisian bahan bakar.
- 3) Operator yang bersedia menjadi responden.
- 4) Operator yang tidak memiliki riwayat penyakit pernapasan kronis sebelum bekerja di SPBU.

Operator yang dipilih adalah mereka yang bertugas langsung di area pengisian bahan bakar, sehingga memiliki potensi paparan PM_{10} yang lebih tinggi dibandingkan operator di area lain seperti kasir atau administrasi dengan total sampling dari 3 SPBU yaitu 15 Operator.

D. Teknik dan Alat pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer diperoleh dengan melakukan pengukuran konsentrasi PM_{10} secara langsung pada SPBU Kota Padang tahun 2025. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS), data antropometri diukur menggunakan timbangan, data pola aktivitas responden menggunakan kuesioner serta data pendukung dengan pihak pengelola dan data gangguan pernafasan dengan kuesioner.

2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini mencakup data geografis, informasi umum mengenai lokasi SPBU, dan data pribadi operator SPBU yang diperoleh dari KTP atau jaminan kesehatan.

E. Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)* untuk mengukur konsentrasi Particulate Matter 10, untuk data pola aktivitas serta kuesioner yang digunakan untuk data gangguan pernapasan pada operator, mengukur lama jenis kegiatan yang dilakukan menggunakan alat *stopwach*.

F. Teknik Pengelohan Data

Pada proses mengolah data ini terdapat empat tahap yaitu :

1. Editing

Dilakukan dengan pemeriksaan langsung data instrument yang berkaitan dengan kelengkapan pengisian dan kejelasan penelitian.

2. Coding

Pemberian kode pada setiap instrumen yang terkumpul untuk memudahkan melakukan pengolahan data.

3. Entry

Data yang sudah diberi kode setelah itu dimasukkan kedalam komputer untuk diketik, menjadikan dalam bentuk *master tabel* menggunakan pengolahan data dengan metode tabel distribusi frekuensi.

4. Cleaning

Data yang sudah diolah diperiksa kembali untuk melihat dan memastikan data yang dibuat sudah benar.

G. Analisis Data

Tujuan analisis univariat adalah untuk mendapatkan gambaran tentang distribusi karakteristik variabel yang diukur dalam penelitian, kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel atau grafik dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) apabila $RQ > 1$ berisiko.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kota Padang merupakan ibu kota Provinsi Sumatera Barat yang memiliki tingkat aktivitas transportasi dan konsumsi bahan bakar yang tinggi, seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor. Kondisi ini berkontribusi terhadap potensi pencemaran udara, khususnya yang berasal dari emisi kendaraan dan aktivitas pengisian bahan bakar di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Penelitian ini dilakukan pada beberapa SPBU yang tersebar di Kota Padang, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat paparan partikulat udara (PM_{10}) dan potensi risikonya terhadap kesehatan pekerja. Pemilihan lokasi dilakukan secara representatif dengan mempertimbangkan variasi wilayah geografis dan tingkat kepadatan aktivitas di tiap SPBU. Adapun SPBU yang menjadi lokasi penelitian meliputi SPBU Indarung, SPBU Coco Mata Air, dan SPBU Ampang. Ketiga lokasi ini dipilih karena mewakili karakteristik kawasan yang berbeda di Kota Padang, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terhadap kondisi kualitas udara di lingkungan kerja SPBU.

SPBU Indarung berlokasi di Jalan Raya Indarung No. 2, Indarung, Kec. Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat. Lokasi ini berada di kawasan industri yang cukup padat dan merupakan akses utama menuju kompleks pabrik semen PT Semen Padang. Wilayah sekitar SPBU didominasi oleh aktivitas lalu lintas kendaraan berat seperti truk pengangkut semen, mobil pengisi bahan bakar, dan kendaraan pribadi milik pekerja industri maupun masyarakat sekitar.



Sumber maps satelit

Gambar 4.1 SPBU Indarung

SPBU Coco Mata Air berlokasi di Rawang, Kec. Padang Selatan, Kota Padang, Sumatera Barat. Lokasi ini berada di jalur padat lalu lintas yang menghubungkan kawasan pesisir Padang Selatan dengan pusat kota. SPBU ini berdekatan dengan area permukiman padat penduduk, pusat aktivitas perdagangan lokal, serta jalur distribusi barang dari dan ke pelabuhan.



Sumber maps satelit

Gambar 4.2 SPBU Mata Air

SPBU Ampang yang berlokasi di Jalan Raya Ampang No 88, Lubuk Lintah, Kec Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat. Lokasi ini berada di kawasan pinggiran kota yang mulai berkembang, dengan karakteristik lingkungan yang relatif lebih terbuka dan memiliki vegetasi yang masih cukup baik di sekelilingnya. Wilayah ini tidak sepadat pusat kota, namun tetap dilalui oleh

kendaraan pribadi dan angkutan umum yang melayani jalur antarpermukiman dan pusat kota.



Sumber maps satelit

Gambar 4.3 SPBU Ampang

B. Hasil

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan berdasarkan hasil pemantauan konsentrasi *Particulate Matter* (PM₁₀) yang dilakukan di tiga SPBU di Kota Padang menunjukkan adanya variasi tingkat paparan di masing-masing lokasi. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana potensi pencemaran udara yang bersumber dari aktivitas kendaraan bermotor serta proses operasional pengisian bahan bakar di area SPBU.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran PM₁₀ di Lingkungan Kerja 3 SPBU Kota Padang Tahun 2025

Titik Pengukuran	Hasil Konversi 8 Jam PM₁₀ (mg/m³)	Baku Mutu (mg/m³)
SPBU Indarung	1,10	1
SPBU Coco Mata Air	0,092	1
SPBU Ampang	0,13	1

Berdasarkan table 4.1 diatas diketahui bahwa kadar PM₁₀ di lingkungan kerja SPBU Kota Padang tahun 2025 yang melebihi nilai ambang

batas dari kadar PM_{10} yaitu 1 mg/m^3 . Titik yang melebihi ambang batas yaitu SPBU Indarung dengan kadar PM_{10} $1,10 \text{ mg/m}^3$.

2. Gangguan Pernapasan

Gangguan pernapasan yang dialami oleh operator SPBU berupa gejala yang muncul meliputi sesak napas, nyeri dada, batuk, dan batuk disertai dahak. Gangguan ini mengindikasikan adanya potensi bahaya kesehatan yang disebabkan oleh paparan debu partikulat (PM_{10}) dan senyawa kimia yang berasal dari bahan bakar. Bahaya ini bersifat kronis dan dapat mempengaruhi saluran pernapasan pekerja secara langsung akibat paparan jangka panjang di lingkungan kerja SPBU. Berikut ini adalah data gangguan pernapasan yang dialami oleh operator di 3 SPBU Kota Padang:

Tabel 4.2 Gangguan Pernapasan pada Operator SPBU Kota Padang Tahun 2025

Gangguan	Jumlah	Persentase (%)
Ada gangguan pernapasan yang dirasakan	9	60
Tidak ada gangguan yang dirasakan	6	40
Total	15	100

Berdasarkan table 4.2 di atas, sebanyak 60% pekerja mengalami gangguan pernapasan yang dirasakan pada saluran pernapasan oleh operator SPBU Kota Padang Tahun 2025.

Tabel 4.3 Gambaran Gangguan Pernapasan Pada Operator SPBU Kota Padang Tahun 2025

Keluhan	Ya		Tidak	
	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
Sesak nafas	9	60	6	40
Nyeri dada	5	33,3	10	66,7
Batuk	13	86,7	2	13,3
Dahak	10	66,7	5	33,3
Infeksi sinusitis	8	53,3	7	46,7

Berdasarkan tabel 4.3 diatas, gambaran gejala gangguan pernafasan yang banyak dialami pekerja adalah sesak nafas, batuk dan batuk disertai dahak yang dialami oleh operator SPBU Kota Padang Tahun 2025.

3. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis-respon yaitu mencari nilai konsentrasi referensi (RfC) yang dimaksud untuk mencari nilai aman pada efek nonkarsinogenik dari agen risiko PM₁₀ hal ini dapat merujuk pada literatur yang tersedia. Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 5 Tahun 2018, nilai dosis-respon (RfC) untuk paparan PM₁₀ tidak disebutkan secara langsung, dapat diperoleh nilai RfC dengan diketahui :

$$C = 1 \text{ mg/ m}^3$$

$$R = 0,83 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$t_E = 8 \text{ Jam/hari}$$

$$f_E = 250 \text{ hari}$$

$$D_t = 30 \text{ tahun}$$

$$W_b = 55 \text{ kg}$$

$$t_{avg} = 10950$$

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

$$RfC = \frac{1 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 250 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 10950}$$

$$= 0,0827 \text{ mg/kg/hari}$$

Maka nilai konsentrasi referensi (RfC) PM₁₀ adalah 0,0827 mg/kg/hari

4. Analisis Paparan

a. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas

Berdasarkan pengukuran karakteristik antropometri dan pola aktivitas dilakukan terhadap 15 operator. Berikut ini hasil karakteristik antropometri dan pola aktivitas di 3 SPBU Kota Padang :

Tabel 4.4 Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Operator di SPBU Kota Padang Tahun 2025

Nama	Jenis Kelamin	Umur	Berat Badan (Kg)	Waktu Pajanan (jam/hari)	Durasi Pajanan	Frekuensi Pajanan (hari/tahun)
NN	P	22	55	8	2	293
PT	P	22	78, 20	8	2	293
KK	L	24	48, 10	8	3	293
AG	L	26	69, 40	8	3	293
RM	P	23	48, 40	8	3	293
ADE	L	26	56,70	8	4	293
FD	L	20	75	8	1	293
RZ	P	22	53,30	8	3	293
RK	P	23	46,30	8	3	293
YN	P	22	60,10	8	2	293
RA	P	21	43,20	8	2	293
ER	L	23	63,50	8	2	293
YG	L	26	63	8	5	293
RD	L	25	70,10	8	4	293
RN	L	29	75,20	8	6	293
Max		29	78,20		6	
Min		20	43,20		1	
Mean		24	60,37		3	

Berdasarkan tabel 4.4 diatas pola antropometri pekerja menunjukkan rata-rata umur 24 tahun, dengan umur maksimum 29 tahun dan minimum 20 tahun. Rata-rata berat badan pekerja adalah 60,37 kg dengan berat badan maksimum 78,20 kg dan minimum 43,20 kg. Untuk pola aktivitas pekerja, rata-rata durasi pajanan adalah 3 tahun, dengan durasi pajanan maksimum 6 tahun dan minimum 1 tahun. Waktu pajanan adalah 8 jam per hari, dengan frekuensi pajanan 293 hari dalam setahun.

b. Perhitungan *Intake*

Nilai intake dinyatakan sebagai jumlah pajanan yang masuk ke dalam tubuh individu per kilogram berat badan per hari, dan dapat dihitung untuk periode *realtime* maupun *lifetime*. Masa *realtime* mencakup masa kerja yang telah dilalui, sedangkan *lifetime* menggunakan durasi pajanan dengan proyeksi 10, 20, dan 30 tahun. Durasi pajanan 30 tahun dianggap sebagai waktu yang diperkirakan untuk efek non-karsinogenik termanifesting dalam tubuh. Berikut adalah hasil perhitungan nilai intake yang telah dilakukan.

Tabel 4.5 Intake Realtime dan Intake Lifetime SPBU Indarung Kota Padang Tahun 2025

Nama	Kadar PM ₁₀ (mg/m ³)	Intake Realtime	Intake Lifetime (mg/kg/hari)		
			10 tahun	20 tahun	30 tahun
NN	1,10	0,007107	0,035535	0,071069	0,106604
PT	1,10	0,005584	0,027920	0,055840	0,083760
KK	1,10	0,012190	0,040632	0,081264	0,121896
AG	1,10	0,008448	0,028161	0,056323	0,084484
RM	1,10	0,012114	0,040380	0,080760	0,121141
	Max	0,012190	0,040632	0,081264	0,121896
	Min	0,005584	0,027920	0,055840	0,083760
	Mean	0,009088	0,044525	0,069051	0,103577

Berdasarkan tabel 4.5 di atas, didapatkan intake realtime dan intake lifetime tertinggi pada operator KK dengan nilai 0,012190 mg/kg/hari pada intake *realtime*. Sementara itu, intake *lifetime* dengan nilai 0,040632 mg/kg/hari pada durasi pajanan 10 tahun, 0,081264 mg/kg/hari pada durasi pajanan 20 tahun, dan 0,121896 mg/kg/hari pada durasi pajanan 30 tahun.

Tabel 4.6 Intake Realtime dan Intake Lifetime SPBU Coco Mata Air Kota Padang Tahun 2025

Nama	Kadar PM ₁₀ (mg/m ³)	Intake Realtime	Intake Lifetime (mg/kg/hari)		
			10 tahun	20 tahun	30 tahun
ADE	0,092	0,001153	0,002883	0,005766	0,008649
FD	0,092	0,000209	0,002090	0,004181	0,006271
RZ	0,092	0,000920	0,003067	0,006134	0,009200
RK	0,092	0,001059	0,003530	0,007061	0,010591
YN	0,092	0,000544	0,002720	0,005440	0,008159
Max		0,001153	0,003530	0,007061	0,010591
Min		0,000209	0,002090	0,004181	0,006271
Mean		0,000777	0,002858	0,005716	0,008574

Berdasarkan tabel 4.6 di atas, didapatkan intake *realtime* tertinggi pada operator ADE dengan nilai 0,001153 mg/kg/hari pada intake *realtime*. Sementara itu, intake *lifetime* tertinggi pada operator RK dengan nilai 0,003530 mg/kg/hari pada durasi pajanan 10 tahun, 0,007061 mg/kg/hari pada durasi pajanan 20 tahun, dan 0,010591 mg/kg/hari pada durasi pajanan 30 tahun.

Tabel 4.7 Intake Realtime dan Intake Lifetime SPBU Ampang Kota Padang Tahun 2025

Nama	Kadar PM ₁₀ (mg/m ³)	Intake Realtime	Intake Lifetime (mg/kg/hari)		
			10 tahun	20 tahun	30 tahun
RA	0,13	0,001069	0,005347	0,010693	0,016040
ER	0,13	0,000727	0,003637	0,007275	0,010912
YG	0,13	0,001833	0,003666	0,007333	0,010999
RD	0,13	0,001318	0,003295	0,006590	0,009885
RN	0,13	0,001843	0,003071	0,006143	0,009214
Max		0,001069	0,005347	0,010693	0,016040
Min		0,000727	0,003072	0,006143	0,009214
Mean		0,001358	0,003603	0,007607	0,011410

Berdasarkan tabel 4.7 di atas, didapatkan intake *realtime* dan intake *lifetime* tertinggi pada operator RA dengan nilai 0,001069 mg/kg/hari pada intake *realtime*. Sementara itu, intake *lifetime* dengan nilai 0,005347 mg/kg/hari pada durasi pajanan 10 tahun, 0,010693 mg/kg/hari

pada durasi pajanan 20 tahun, dan 0,016040 mg/kg/hari pada durasi pajanan 30 tahun.

5. Karakterisasi Risiko

Karakteristike risiko dilakukan untuk menentukan kualitas efek, yaitu agar mengetahui apakah agen efek dengan konsentrasi yang menganalisis dalam ARKL berisiko mengakibatkan terganggu kesehatan pada pekerja. Proses ini dilakukan dengan membandingkan nilai intake pada nilai RfC. Menurut Permanaker no. 5 Tahun 2018, nilai dosis-respon (RfC) untuk paparan PM₁₀ tidak disebutkan secara langsung, dapat diperoleh nilai RfC sebagai berikut:

Agen risiko PM₁₀ memiliki dosis-respon sejumlah 0,0827 mg/kg/hari dengan akibat berupa gangguan pada saluran pernapasan. Setelah nilai RfC PM₁₀ dan nilai intake diketahui, karakterisasi risiko dapat dihitung. Hasil perhitungan karakterisasi risiko dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah.

Tabel 4.8 Karakteristik Risiko Gangguan Pernapasan Pada Operator SPBU Kota Padang Tahun 2025

SPBU	Jumlah Pekerja	Kadar PM ₁₀	Nilai Risiko	RQ Realtime		RQ Lifetime (10,20,30)	
				Berisiko	Tidak Berisiko	Berisiko	Tidak Berisiko
SPBU Indarung	5	1,10	0,09-0,15	0	5	5	0
SPBU Mata Air	5	0,092	0,00-0,01	0	5	0	5
SPBU Ampang	5	0,13	0,01-0,02	0	5	0	5
Max	5	1,10	0,15				
Min	5	0,12	0,00				
Rata-rata	5	0,74	0,05				

Berdasarkan tabel 4.8 Hasil karakterisasi risiko menunjukkan bahwa pekerja di SPBU Indraung memiliki nilai RQ > 1 sehingga tergolong berisiko. Hal ini membuktikan bahwa tingkat risiko sangat dipengaruhi oleh kadar PM₁₀ di lingkungan kerja serta durasi pajanan.

C. Pembahasan

1. Identifikasi Bahaya

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi PM_{10} yang dilakukan pada tiga titik lokasi sampling di SPBU Indarung, SPBU Coco Mata Air, dan SPBU Ampang, ditemukan bahwa konsentrasi di 3 SPBU terdeteksi tertinggi. Masing-masing mencatatkan nilai sebesar 1,10328 mg/m^3 , 0,092388 mg/m^3 dan 0,1364 mg/m^3 . Hasil ini menunjukkan bahwa tiga titik sampling memiliki tingkat konsentrasi PM_{10} yang sangat melebihi ambang batas yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No 5 Tahun 2018 1 mg/m^3 .

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi partikel debu halus (PM_{10}) pada tiga titik lokasi sampling, diketahui bahwa konsentrasi PM_{10} tertinggi ditemukan di SPBU Indarung. Tingginya konsentrasi partikel ini berkorelasi dengan padatnya aktivitas kendaraan di lokasi tersebut, di mana frekuensi kendaraan yang masuk untuk mengisi bahan bakar sangat tinggi sepanjang hari. Pergerakan kendaraan yang intens, terutama saat antrean panjang, menghasilkan partikel debu dari knalpot, gesekan ban dengan permukaan tanah, serta aktivitas mesin yang turut berkontribusi terhadap peningkatan PM_{10} di udara sekitar.

Konsentrasi PM_{10} dipengaruhi oleh faktor meteorologi seperti suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin. Berdasarkan hasil pengukuran, konsentrasi PM_{10} tertinggi tercatat pada kondisi dengan suhu udara tinggi, kelembaban rendah, dan kecepatan angin maksimum. Suhu tinggi menyebabkan permukaan tanah lebih kering, sehingga partikel debu lebih mudah terangkat ke udara. Rendahnya kelembaban turut memperburuk kondisi ini karena udara kering tidak mampu menahan partikel. Selain itu, kecepatan angin yang tinggi mempercepat penyebaran partikel PM_{10} ke atmosfer, meningkatkan paparan terhadap lingkungan dan pekerja. Sebaliknya, pada kondisi suhu rendah, kelembaban tinggi, dan angin lemah, konsentrasi PM_{10} cenderung lebih rendah karena partikel lebih cepat mengendap.²³

2. Gangguan Pernapasan

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 9 orang operator (60 %) mengalami gangguan pernapasan. Gangguan pernapasan yang sering dialami adalah batuk dan batuk disertai dahak. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hasil ini juga diperkuat oleh penelitian Sentosa et al. (2022) pada pekerja industri mebel kayu, di mana kadar debu PM_{10} di lingkungan kerja melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Permenaker No. 5 Tahun 2018, yakni $>1 \text{ mg/m}^3$.²² Penelitian tersebut menunjukkan bahwa 77,8 % pekerja berisiko mengalami gangguan fungsi paru, dan sebagian dari mereka terdeteksi mengalami gangguan restriksi ringan berdasarkan pemeriksaan spirometry.²⁵

Aspek yang berkontribusi terhadap timbulnya gangguan fungsi pernapasan :

a. Sesak Nafas

Dispnea adalah gejala utama emfisema dan mempunyai awitan yang membahayakan. Pasien biasanya mempunyai riwayat merokok dan riwayat batuk kronis yang lama, mengi, serta peningkatan nafas pendek dan cepat (takipnea). Gejala – gejala diperburuk oleh infeksi pernafasan.

Sesak nafas atau kesulitan bernafas disebabkan oleh aliran udara dalam saluran pernafasan karena penyempitan. Penyempitan dapat terjadi karena saluran pernafasan menguncup, oedema atau karena sekret yang menghalangi arus udara. Sesak nafas dapat ditentukan dengan menghitung pernafasan dalam satu menit.²⁶

Berdasarkan hasil dari penelitian yang di dapatkan bahwa sebanyak 60 % operator mengalami sesak napas saat bekerja dan sesudah bekerja.

b. Nyeri Dada

Ada berbagai penyebab nyeri dada, tetapi nyeri yang paling khas pada penyakit paru adalah nyeri akibat radang pleura (pleuritis). umumnya pleura terjadi mendadak, tetapi dapat juga timbul secara bertahap, nyeri terjadi pada tempat peradangan dan biasanya tempat peradangan dapat

diketahui dengan tepat dan diperberat dengan batuk, bersin, dan napas yang dalam.

Nyeri dada merupakan keluhan yang umum terjadi dan dapat menjadi tanda adanya gangguan pada sistem pernapasan, terutama jika terjadi secara berulang saat atau setelah terpapar zat berbahaya di lingkungan kerja. Di SPBU, nyeri dada bisa disebabkan oleh pajanan gas dan partikel seperti PM_{10} yang berasal dari asap kendaraan dan uap bahan bakar.²⁷

Hasil dari penelitian sebanyak 33,3 % operator mengalami nyeri dada saat menjalankan tugasnya. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang perlu diperhatikan, terutama jika dikaitkan dengan paparan jangka panjang terhadap polutan udara di area SPBU.

c. Batuk

Timbulnya gejala batuk karena iritasi partikulat adalah jika terjadi rangsangan pada bagian-bagian peka saluran pernafasan, misalnya trakeobronkial, sehingga timbul sekresi berlebih dalam saluran pernafasan. Batuk timbul sebagai reaksi refleks saluran pernafasan terhadap iritasi pada mukosa saluran pernafasan dalam bentuk pengeluaran udara (dan lendir) secara mendadak disertai bunyi khas.²⁶

Di lingkungan kerja seperti SPBU, operator sangat rentan terpapar partikel halus dan uap bahan bakar, terutama saat pengisian BBM dan interaksi langsung dengan kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi gas buang. Paparan berulang terhadap PM_{10} dapat mengiritasi saluran pernapasan atas dan bawah, meningkatkan frekuensi batuk serta menurunkan kenyamanan kerja.

Hasil dari penelitian sebanyak 86,7 % operator mengalami batuk. Persentase ini menunjukkan angka yang sangat tinggi dan menjadi indikasi bahwa lingkungan kerja di SPBU memiliki faktor risiko signifikan terhadap kesehatan sistem pernapasan.

d. Dahak

Produksi dahak yang berlebih merupakan salah satu respon alami tubuh terhadap paparan zat iritasi saluran pernapasan yang terbentuk secara berlebihan dari kelenjar lendir (mucus glands) dan sel goblet oleh adanya stimuli, misalnya yang berasal dari gas, partikulat, allergen dan mikroorganisme infeksius. Karena proses inflamasi, disamping dahak dalam saluran pernafasan juga terbentuk cairan eksudat berasal dari bagian jaringan yang berdegenerasi.²⁶

Hasil dari penelitian sebanyak 66,7 % operator mengalami batuk disertai da hak. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan gangguan saluran pernapasan yang cukup serius akibat paparan di lingkungan kerja. Produksi dahak yang berlebihan juga dapat mengganggu aktivitas kerja, menurunkan produktivitas, serta meningkatkan risiko infeksi saluran napas apabila tidak ditangani dengan baik.

3. Analisis Dosis-Respon

Nilai konsentrasi referensi (RfC) PM₁₀ belum terdapat pada Integrated Risk Information System (IRIS) maupun tabel dosis respon di Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang di keluarkan oleh Direktorat Jenderal PP dan PL Kementrian Kesehatan RI. Nilai baku mutu National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) adalah 150 µg/m³. Selain itu, nilai RfC juga tidak menggunakan nilai No-Observed-Adverse-Effect Level (NOAEL) atau Lowest-Observed-Adverse-Effect Level (LOAEL) karena belum ada tinjauan dari instansi yang berkompeten. Oleh karena itu, nilai konsengtrasi referensi PM₁₀ dihitung berdasarkan baku mutu yang terdapat pada Peraturan Mentri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018, yaitu 1 mg/m³. Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh nilai RfC sebesar 0,0827 mg/kg/hari

4. Analisis Risiko

a. Karakterisasi Antropometri dan Pola Aktivitas

Karakteristik antropometri dan pola aktivitas individu merupakan faktor penting dalam penilaian risiko kesehatan, khususnya dalam penelitian ini yang berfokus pada operator SPBU. Salah satu parameter

antropometri yang diukur adalah berat badan, karena memiliki peran penting dalam menentukan dosis internal yang diterima oleh tubuh akibat paparan zat berbahaya di lingkungan kerja.

Dalam konteks penilaian risiko sesuai pendapat Erdinur (2021) berat badan digunakan untuk menghitung dosis paparan per satuan berat badan per hari (mg/kg/hari). Semakin besar berat badan seseorang, maka dosis internal yang diterima dari suatu zat kontaminan cenderung lebih kecil, karena zat tersebut tersebar dalam massa tubuh yang lebih besar. Sebaliknya, individu dengan berat badan yang lebih rendah akan menerima dosis internal yang relatif lebih tinggi dari paparan yang sama.²¹

Berdasarkan hasil pengukuran antropometri yang dilakukan terhadap operator di tiga SPBU, diperoleh data bahwa rentang berat badan responden dewasa berada antara 43,20 kg hingga 78,20 kg, dengan rata-rata berat badan sebesar 60,03 kg. Nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa berat badan operator lebih tinggi dibandingkan dengan berat badan standar orang dewasa Indonesia, yaitu sebesar 55 kg menurut acuan nasional.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, rata-rata pekerja memiliki waktu kerja 8 jam perhari, bekerja selama 6 hari dan mendapatkan jatah libur 1 kali dalam seminggu, sehingga jika dirata-ratakan jam kerja pada pekerja selama seminggu yaitu 48 jam per minggu. Nilai rata-rata frekuensi pajanan pekerja dalam satu tahun selama 293 hari/tahun. Jika dibandingkan dengan Undang-undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan pasal 77 ayat 2 yang berbunyi, setiap pekerja memiliki waktu kerja 7 (tujuh) jam 1 hari dan 40 jam 1 minggu untuk 6 hari kerja dalam 1 minggu atau 8 jam 1 hari dan 40 jam 1 minggu untuk 5 hari kerja dalam 1 minggu.

Menurut Khafi (2025), Pekerja dengan masa kerja lebih lama, khususnya di lingkungan dengan polusi tinggi seperti industri, memiliki risiko lebih besar untuk mengalami rawat inap akibat gangguan pernapasan. Waktu paparan diartikan sebagai frekuensi atau lamanya responden terpapar debu, sehingga semakin lama terpapar, semakin tinggi

kemungkinan untuk timbul gangguan, apalagi didukung oleh zat pemapar dengan konsentrasi yang tinggi.²⁷

b. Perhitungan *Intake*

Nilai asupan (*intake*) paparan PM_{10} di lingkungan kerja dihitung menggunakan dua pendekatan, yaitu *intake lifetime* dan *intake realtime*. *Intake lifetime* merupakan estimasi paparan jangka panjang yang diterima individu per kilogram berat badan per hari, berdasarkan rata-rata aktivitas responden dan proyeksi durasi kerja selama 10, 20, hingga 30 tahun. Sementara itu, *intake realtime* mencerminkan besarnya paparan aktual yang telah diterima individu sejak mulai bekerja hingga saat penelitian dilakukan, dengan mempertimbangkan lama kerja masing-masing responden. Kedua pendekatan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai risiko paparan PM_{10} , baik dalam konteks kondisi saat ini maupun potensi dampaknya di masa mendatang, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pengendalian risiko kesehatan di lingkungan SPBU.

Berdasarkan hasil analisis paparan yang diperoleh melalui perhitungan nilai *intake* dengan mempertimbangkan karakteristik antropometri (seperti berat badan) dan pola aktivitas harian responden, diketahui bahwa nilai *intake* tertinggi, baik untuk pendekatan *realtime* maupun *lifetime*, terjadi pada tahapan aktivitas pengantrian dan pengisian bahan bakar yang dilakukan oleh operator. Aktivitas ini memiliki tingkat paparan paling intensif karena kontak langsung dengan sumber emisi, seperti asap kendaraan dan uap bahan bakar. Pada pekerja dengan inisial FD, ditemukan bahwa nilai *intake realtime* tertinggi mencapai 0,012190 mg/kg/hari, menunjukkan besarnya paparan yang telah diterima sejak ia mulai bekerja hingga saat penelitian dilakukan. Sementara itu, proyeksi *intake lifetime* untuk pekerja yang sama menunjukkan peningkatan seiring waktu, yaitu 0,040632 mg/kg/hari untuk 10 tahun, 0,081264 mg/kg/hari untuk 20 tahun, dan 0,121896 mg/kg/hari untuk 30 tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa adanya intervensi atau pengendalian risiko,

pekerja berpotensi menerima paparan yang jauh lebih besar di masa mendatang, sehingga upaya perlindungan dan mitigasi sangat diperlukan untuk mencegah dampak kesehatan jangka panjang akibat paparan PM_{10} di lingkungan SPBU.

Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata, yaitu semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatan.²⁸

5. Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara nilai asupan (intake) yang diterima pekerja dengan nilai ambang batas aman atau *Reference Concentration* (RfC). Nilai RfC yang digunakan diperoleh dengan pendekatan perhitungan menggunakan rumus intake, di mana konsentrasi PM_{10} mengacu pada baku mutu udara ambien sesuai Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018, yang menyatakan bahwa kadar PM_{10} yang memenuhi syarat tidak boleh melebihi 1 mg/m^3 . Sementara itu, setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai RfC sebesar 0,006 $mg/kg/hari$ untuk paparan partikulat halus.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa pekerja yang bertugas di area terbuka, khususnya pada kegiatan pengisian dan pengantrian bahan bakar memiliki nilai *Risk Quotient* (RQ) yang lebih tinggi dibandingkan dengan pekerja yang bekerja di dalam ruangan, seperti petugas administrasi atau pengawas. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat risiko kesehatan yang dihadapi oleh pekerja lapangan lebih signifikan.²⁹

Pekerja di area pengisian dan pengantrian terpapar langsung dengan polutan seperti PM_{10} yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dan aktivitas operasional SPBU. Oleh karena itu, paparan langsung di lingkungan kerja terbuka menjadi faktor utama peningkatan nilai intake, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan nilai RQ dan potensi gangguan kesehatan jangka panjang. Hal ini sejalan dengan penelitian Fikri (2025), Tingginya nilai intake akan mempengaruhi nilai RQ sehingga diperoleh nilai RQ tertinggi. Dalam perhitungan risiko non-karsinogenik, nilai intake berbanding lurus

dengan nilai RQ sehingga apabila nilai intake meningkat maka nilai RQ juga akan mengalami peningkatan secara proporsional.³⁰

Berdasarkan hasil analisis karakterisasi risiko (*Risk Quotient/RQ*), diperoleh bahwa rata-rata nilai RQ *realtime* tertinggi sebesar 0,15 sedangkan nilai RQ *lifetime* dalam proyeksi waktu 10 sebesar 0,49 Proyeksi 20 sebesar 0,98 dan proyeksi 30 tahun sebesar 1,57. Dari hasil dapat dilihat bahwa besarnya karakterisasi risiko pada operator $RQ < 1$ yang menunjukkan tingkat risiko tidak aman setelah didapatkan bahwa seiring bertambah durasi pajanan maka nilai risiko juga mengalami peningkatan secara signifikan.

Berdasarkan karakteristik umur, pekerja dengan usia paling tinggi yaitu 29 tahun yang telah bekerja selama 6 tahun, memiliki nilai risiko paparan PM_{10} yang relatif rendah. Nilai RQ *realtime* pada pekerja tersebut tercatat sebesar 0,02 sedangkan nilai RQ *lifetime* dengan proyeksi masa kerja selama 10 tahun sebesar 0,04, proyeksi 20 tahun sebesar 0,07, dan proyeksi 30 tahun sebesar 0,11. Jika dibandingkan dengan pekerja lain yang usianya lebih muda namun berada di lokasi dengan konsentrasi PM_{10} yang lebih tinggi seperti pada proses pengisian dan pengantrian bahan bakar nilai risiko pada operator usia 29 tahun tersebut cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain lokasi kerjanya berada pada area dengan konsentrasi PM_{10} yang lebih rendah, serta memiliki berat badan di atas rata-rata, yang secara fisiologis dapat mengurangi nilai intake per satuan berat badan dalam perhitungan risiko.

Dilihat berdasarkan berat badan operator dengan berat badan tertinggi yaitu 78,20 kg dengan durasi pajanan minimum selama 2 tahun memiliki nilai risiko masa kerja *realtime* sebesar 0,00 dan masa kerja *lifetime* proyeksi 10 tahun sebesar 0,03, proyeksi 20 tahun sebesar 0,05 dan proyeksi 30 tahun sebesar 0,08. Meskipun nilai risiko *lifetime* 30 tahun menunjukkan kategori berisiko karena batas aman dan nilai risiko pada masa kerja *realtime* masih berada dalam kategori tidak berisiko ($RQ < 1$). Selain itu, nilai RQ operator ini juga lebih rendah dibandingkan operator lain yang memiliki durasi kerja lebih

panjang dan massa tubuh yang lebih ringan, meskipun berada pada tahapan kerja yang sama.

Hasil ini menunjukkan bahwa dalam analisis risiko, massa tubuh merupakan salah satu variabel penting dalam penentuan *intake* per kilogram berat badan per hari. Semakin besar massa tubuh, maka dosis paparan per satuan berat badan menjadi lebih kecil. Hal ini berdampak langsung pada nilai *Risk Quotient* (RQ), di mana nilai *intake* yang lebih kecil menghasilkan risiko yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh durasi pajanan yang lebih singkat serta massa tubuh yang lebih besar, sehingga nilai *intake* per kilogram berat badan menjadi lebih kecil dan berdampak pada penurunan total risiko.

Efek toksik yang muncul akibat pajanan zat kimia dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti sifat fisik dan aktivitas kimia zat, dosis dan durasi pajanan, serta jalur masuk toksikan ke dalam tubuh. Selain itu, faktor individu seperti spesies, usia, jenis kelamin, kemampuan tubuh menyerap dan mendistribusikan zat, metabolisme, ekskresi, kondisi kesehatan, status gizi, serta keberadaan senyawa kimia lain dalam tubuh juga turut menentukan tingkat keparahan efek toksik yang ditimbulkan. Jadi Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan risiko pada operator dapat dilakukan dengan pemeriksaan kesehatan berkala, peningkatan status gizi pada pekerja, peningkatan imun tubuh serta pemakaian alat pelindung diri (APD) pada saat bekerja.³¹

a. Pendekatan Teknologi

Pengelolaan risiko paparan PM_{10} pada operator dilakukan dengan menurunkan konsentrasi pada sumber pencemar dan menanam tanaman atau pohon di area SPBU sebagai vegetasi. Jenis tanaman yang memiliki kemampuan yang menyerap debu atau polutan di luar ruangan.

Tabel 4.9 Jenis Tanaman Yang Mampu Menyerap Debu diluar Ruang

Nama Tanaman	Gambar Tanaman	Kemampuan Menyerap Debu (g/m³)
Asam Keranji		76,3
Trengguli		48
Kembang Merak		46,3
Mindi		37,5
Jambu Air		34,1

Sumber : Buku Petunjuk Teknis Penanaman Spesies Pohon Penyerap Polutan Udara dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan³²

b. Pendekatan Sosial-ekonomi

Upaya pencegahan penyakit akibat paparan PM_{10} pada operator SPBU tidak hanya bergantung pada penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), tetapi juga memerlukan pendekatan sosial-ekonomi yang komprehensif. Salah satu langkah penting adalah sosialisasi rutin mengenai pentingnya penggunaan APD seperti masker respirator, serta edukasi mengenai dampak kesehatan yang dapat timbul apabila APD tidak digunakan secara konsisten. Selain itu, pemeriksaan kesehatan berkala perlu dilakukan untuk mendeteksi dini gangguan pernapasan akibat paparan partikel debu halus.

Penyediaan fasilitas istirahat yang layak dan bersih, pengaturan jam kerja yang tidak berlebihan, serta rotasi tugas juga menjadi bagian dari strategi untuk mengurangi risiko kumulatif terhadap paparan. Di sisi lain, edukasi suplemen gizi atau makanan bergizi kepada pekerja dapat membantu meningkatkan daya tahan tubuh terhadap zat berbahaya. Dukungan dari perusahaan melalui penyediaan informasi, rambu-rambu bahaya dan pelibatan pekerja dalam kegiatan keselamatan kerja dapat membentuk budaya kerja yang lebih peduli terhadap kesehatan.³³

c. Pendekatan Institusional

Pendekatan institusional yang dapat dilakukan untuk mengendalikan paparan PM_{10} pada operator SPBU mencakup kegiatan pengkajian, penelitian, dan pemantauan rutin oleh instansi terkait, seperti Puskesmas, Dinas Kesehatan, dan Dinas Lingkungan Hidup. Kegiatan ini bertujuan untuk menilai tingkat risiko, memantau tren konsentrasi PM_{10} di lingkungan kerja, serta mengevaluasi efektivitas tindakan pengendalian yang diterapkan. Melalui pemantauan yang konsisten, institusi dapat merumuskan kebijakan dan intervensi yang tepat untuk menurunkan konsentrasi PM_{10} serta mengurangi durasi dan frekuensi pajanan yang berisiko bagi kesehatan pekerja. Pendekatan ini menjadi bagian penting dari strategi perlindungan kesehatan kerja secara sistemik dan berkelanjutan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan di 3 SPBU Kota Padang Tahun 2025, dapat disimpulkan :

1. Sumber identifikasi bahaya meliputi debu dan emisi kendaraan bermotor yang mengantri maupun meninggalkan area SPBU. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi PM₁₀ di SPBU Indarung mencapai 1,10 mg/m³, melebihi ambang batas Permenaker No. 5 Tahun 2018 sebesar 1 mg/m³.
2. Nilai konsentrasi referensi (RfC) PM₁₀ didapatkan 0,0827 mg/kg/hari.
3. Analisis pajanan dan risiko kesehatan non-karsinogenik menunjukkan bahwa nilai intake *realtime* PM₁₀ tertinggi di SPBU Indarung yaitu 0,012190 mg/kg/hari. Nilai asupan tertinggi *lifetime* tertinggi ditemukan pada SPBU Indarung sebesar 0,040632 mg/kg/hari, 0,081264 mg/kg/hari, 0,121896 mg/kg/hari untuk proyeksi pajanan 10, 20 dan 30 tahun.
4. Karakterisasi risiko menunjukkan bahwa masa kerja *lifetime* 30 tahun terdapat 5 operator dengan nilai RQ > 1 (berisiko).

B. Saran

1. Bagi Pengelola SPBU
 - a. Perlu dilakukan sosialisasi dan pengawasan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) kepada seluruh pekerja, terutama masker, untuk mengurangi risiko paparan PM₁₀ secara langsung.
 - b. Disarankan memasang rambu-rambu keselamatan kerja dan menambahkan vegetasi hijau (pohon pelindung) di sekitar area SPBU untuk menurunkan konsentrasi partikulat dari aktivitas kendaraan.
 - c. Melakukan pemantauan kualitas udara secara berkala dan melakukan perbaikan teknis untuk mengurangi sumber debu di area kerja.

2. Bagi Pekerja

- a. Diharapkan agar lebih sadar terhadap pentingnya penggunaan APD secara konsisten, terutama saat bertugas di area terbuka yang memiliki konsentrasi PM_{10} tinggi.
- b. Mengikuti pemeriksaan kesehatan rutin untuk mendeteksi gangguan pernapasan sejak dini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ramadhani PR, Walewangko EN, Niode AO. Analisis Determinan Permintaan Jasa Transportasi Darat Berbasis Online Di Kota Manado. *J Berk Ilm Efisiensi*. 2024;24(2):13–24.
2. Perhubungan D. Jenis-Jenis Transportasi. In 2024.
3. Astuti S, Manalu R, Simamora E, Ulina E, Hombing B. Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Akibat Konstruksi Lalu Lintas di Simpang Empat UNIMED MMTC Medan. 2024;l:3421–9.
4. Abhishek Shrivastav, Swetanshu OS. *The Impact of Environmental Toxins on Cardiovascular Diseases*. 2024;
5. Syahputri J. Dampak Polusi Udara dari Transportasi terhadap Kesehatan di Indonesia. Vol. 1, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Kementerian PPN/Bappenas. 2023. 11 p.
6. Persada APGM. Langkah Perbaikan Mengatasi Pencemaran Udara Lingkungan Kerja. In 2024.
7. Ganggut MCN, Manafe DRTM, Sasputra IN. Hubungan Jangka Panjang Paparan Debu Kendaraan Bermotor Dengan Kapasitas Vital Paru Pada Operator SPBU Di Kota Kupang. *Cendana Med J*. 2018;15(3):390–4.
8. Suyono MS. Pencemaran Kesehatan Lingkungan. Jakarta; 2018. 54–56 p.
9. Guseva Canu I, Wild P, Charreau T, Freund R, Toto A, Pralong J, et al. Long-term exposure to PM10 and respiratory health among Parisian subway workers. *Int J Hyg Environ Health*. 2024;256.
10. Indonesia CNN. Jumlah Kendaraan di Indonesia. In 2024.
11. Statistik BP. Jumlah Kendaraan Kota Padang. In 2024.
12. Sidebang P, Dianita N. Resiko Kesehatan Pajanan PM 2 , 5 pada Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Ternate. 2024;24(2):402–11.
13. Lintas L, Ungaran D, Pertiwi KD, Lestari IP, Afandi A. Pro Health Jurnal Ilmiah Kesehatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pajanan Debu PM10 dan PM2 . 5. 2024;6:85–91.
14. Kesehatan K. Penyakit Pernapasan Kronis. In 2024.
15. Ikapi A. Pengetahuan tentang Udara. Pt Spkn. 2020.

16. Asiva Noor Rachmayani. Bahan Ajar Buku Penyehatan Udara. 2015. 6 p.
17. Mallongi A. Dinamika Polutan dan Risiko Kesehatan Lingkungan. Vol. 16 x 23 cm. 2019. p. xvi–317.
18. Hadi BS. Pemantauan Kualitas Udara Ambien PM10, dan Risiko Kesehatan Terhadap Masyarakat di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Univ Islam Indones Yogyakarta. 2021;105.
19. Setyono P, Himawan W, Nancy; Natasha. Estimasi Emisi Partikulat (PM10) akibat Ragam Aktivitas Urban di Kota Surakarta. J Ilmu Lingkung. 2020;18(3):556–64.
20. Kementerian Kesehatan. Permenkes No. 2 Tahun 2023. Kemenkes Republik Indones. 2023;(55):1–175.
21. Retno A. Paparan Pm10 Dan Keluhan Kesehatan Mata Pekerja Bagian Produksi. Paparan Pm10 Dan Keluhan Kesehat Mata Pekerja Bagian Produksi. 2021;20(November 2019):97–103.
22. Kemenaker RI. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan. 2018;1–266.
23. Febiola C. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Polusi Udara (No2, So2, Co, Tsp Dan Debu) Terhadap Fungsi Paru Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) Di Wilayah Kertapati Kota Palembang. Univ Sriwij. 2022;(2).
24. Republik Indonesia. Kemenkes. Pedoman ARKL Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan Tahun 2012. 2012. 1–84 p.
25. Sentosa EA, Riviwanto M, Seno BA. Analisis Risiko Gangguan Fungsi Paru Akibat Paparan Debu PM10 Pada Pekerja Mebel Kayu. J Sanitasi Lingkung. 2022;2(1):30–7.
26. Kurniati ID, Setiawan R, Rohmani A, Lahdji A, Tajally A, Ratnaningrum K, et al. Belimbing Wuluh Untuk Meringankan ISPA. 2015.
27. Di P, Bulukumba K. Paparan Particulate Matter (PM 10) Terhadap Keluhan Subjektif Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) Pada Pekerja Kapal. 2025;25(1):55–65.
28. Dini arista putri, Rosyada A, Sari DM, Islamiati D. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Terhadap Paparan Debu Pada Pekerja Pasir di Kota Palembang. J Kesehat Komunitas. 2023;9(3):485–93.
29. Nurhidayat SA. Analisis Dampak Paparan Particulate Matter(Pm10) Dikota Yogyakarta. 2020;1–85.
30. Fikri E, Dewi DR, Juariah L. Analisis Risisko Kesehatan Lingkungan Pajanan PM 2,5 dan PM10 Pada Pekerja PT . Beton Elemenindo Perkasa

Tahun 2024. 2025;24(1):116–23.

31. Kurniawidjaja LM, Lestari F, Tejamaya M, Ramdhan DH. Konsep Dasar Toksikologi Industri. Fkm Ui. Depok; 2021. 1–181 p.
32. Hidup KL. Juknis Penanaman Spesies Pohon Penyerap Polutan Udara. 2015. 2015;1–128.
33. Herniwanti. 2021. *Modul Pembelajaran Toksikologi Industri*. Pekanbaru: Stikes Hang Tuah Pekanbaru.

LAMPIRAN 1

DENAH LOKASI SPBU KOTA PADANG TAHUN 2025

1. SPBU Kkp Indarung

SPBU Indarung berlokasi di Jalan Raya Indarung No. 2, Indarung, Kec. Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat sebagai berikut:



2. SPBU Coco Mata Air

SPBU Coco Mata Air berlokasi di Rawang, Kec. Padang Selatan, Kota Padang, Sumatera Barat.. Adapun gambaran lokasi SPBU Pasar Ambacang sebagai berikut:



3. SPBU Ampang

SPBU Ampang yang berlokasi di Jalan Raya Ampang No 88, Lubuk Lintah, Kec Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat. Adapun gambaran lokasi SPBU Lubuk Buaya sebagai berikut:



LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN KONSENTRASI PM₁₀

A. SPBU Indarung

1. Laju alir pada kondisi standar

Diketahui :

$$Q_0 = 1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_s = 298 \text{ k}$$

$$T_0 = 316,52 \text{ k}$$

$$P_s = 760 \text{ mmHg}$$

$$P_0 = 756 \text{ mmHg}$$

$$Q_s = Q_0 \left(\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \left(\frac{298 \times 756}{316,52 \times 760} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \times 0,9677$$

$$Q_s = 1,645 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2. Volume udara yang diambil

$$V = Q_s \times t$$

$$V = 1,645 \times 60$$

$$V = 98,7 \text{ m}^3$$

3. Konsentrasi PM10

$$W_1 = 3,4548 \text{ g}$$

$$W_2 = 3,6134$$

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

$$C = \frac{(3,6134 - 3,4548) \times 10^6}{98,7} = 1606,88 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

4. Konversi perhitungan pada 8 jam

Diketahui :

$$C_2 = 1608,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$t_2 = 1 \text{ Jam}$$

$$t_1 = 8 \text{ Jam}$$

$$P = 0,17$$

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{0,17}$$

$$C_1 = 1608,88 \left(\frac{1}{8} \right)^{0,17} = 1102,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

B. SPBU Coco Mata Air

1. Laju alur pada kondisi standar

$$Q_0 = 1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_s = 298 \text{ k}$$

$$T_0 = 314,29 \text{ k}$$

$$P_s = 744,58 \text{ mmHg}$$

$$P_0 = 760 \text{ mmHg}$$

$$Q_s = Q_0 \left(\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \left(\frac{298 \times 760}{314,29 \times 744,58} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 (0,9678)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \times 0,9837$$

$$Q_s = 1,672 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2. Volume udara yang diambil

$$V = Q_s \times t$$

$$V = 1,672 \times 60$$

$$V = 100,32 \text{ m}^3$$

3. Konsentrasi PM_{10}

$$W_1 = 3,4529 \text{ g}$$

$$W_2 = 3,4664 \text{ g}$$

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

$$C = \frac{(3,4664 - 3,4529) \times 10^6}{100,32} = 134,56 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

4. Konversi perhitungan pada 8 jam

Diketahui :

$$C_2 = 134,56 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$t_2 = 1 \text{ Jam}$$

$$t_1 = 8 \text{ Jam}$$

$$P = 0,17$$

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{0,17}$$

$$C_1 = 134,56 \left(\frac{1}{8} \right)^{0,17} = 92,388 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$$

C. SPBU Ampang

1. Laju alir pada kondisi standar

$$Q_0 = 1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_s = 298 \text{ K}$$

$$T_0 = 313,23 \text{ K}$$

$$P_s = 1009,3 \text{ mmHg}$$

$$P_0 = 1013,23 \text{ mmHg}$$

$$Q_s = Q_0 \left(\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \left(\frac{298 \times 1013,23}{313,23 \times 1009,3} \right)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 (0,955)^{1/2}$$

$$Q_s = 1,7 \times 0,9773$$

$$Q_s = 1,661 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2. Volume udara yang diambil

$$V = Q_s \times t$$

$$V = 1,661 \times 60$$

$$V = 99,66 \text{ m}^3$$

3. Konsentrasi PM10

$$W_1 = 3,4529 \text{ g}$$

$$W_2 = 3,4727 \text{ g}$$

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V}$$

$$C = \frac{(3,4727 - 3,4529) \times 10^6}{99,66} = 198,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

4. Konversi perhitungan pada 8 jam

Diketahui :

$$C_2 = 198,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$t_2 = 1 \text{ Jam}$$

$$t_1 = 8 \text{ Jam}$$

$$P = 0,17$$

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{0,17}$$

$$C_1 = 198,67 \left(\frac{1}{8} \right)^{0,17} = 136,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN RfC

$$C = 0,075 \text{ mg/ m}^3$$

$$R = 0,83 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

$$t_E = 8 \text{ Jam/hari}$$

$$f_E = 250 \text{ hari}$$

$$D_t = 30 \text{ tahun}$$

$$W_b = 55 \text{ kg}$$

$$t_{\text{avg}} = 10950$$

$$RfC = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{\text{avg}}}$$

$$RfC = \frac{0,075 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83 \text{ m}^3}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 250 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 10950}$$

$$= 0,006 \text{ mg/kg/hari}$$

Maka nilai konsentrasi referensi (RfC) PM10 adalah 0,006 mg/kg/hari

LAMPIRAN 5

Analisis Risiko Paparan PM₁₀ Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator SPBU di Kota Padang Tahun 2025



Assalamualaikum Wr.Wb

Perkenalkan saya Ayu Apsari, saya merupakan mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang, yang sedang melakukan penelitian mengenai “Analisis Risiko Paparan PM₁₀ Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator di SPBU Kota Padang Tahun 2025”. Penelitian ini saya lakukan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan.

Oleh sebab itu, saya meminta bantuan Bapak/Ibu/Saudara/i untuk menjadi responden dalam penelitian ini. Saya sangat mengharapkan kesediaan waktu anda untuk dapat saya wawancarai mengenai berapa lama berada di lokasi penelitian (jam, hari dan tahun) serta bersedia untuk dilakukan pengukuran berat badan.

Atas perhatian dan kerjasamanya, saya ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Padang, 2025

Pewawancara

Responden

() ()

KUESIONER PENELITIAN

Analisis Risiko Paparan PM₁₀ Terhadap Gangguan Pernapasan Pada Operator di
SPBU Kota Padang Tahun 2025.

No. Responden	Tanggal/Bulan/Tahun Wawancara

A. Data Umum

1. Nama Responden :
2. Umur :
3. Jenis Kelamin : Laki-laki/Perempuan
4. Pekerjaan :
5. Alamat :

B. Pola Aktivitas

1. Berat Badan : kg
2. Lama di SPBU
 - a. jam/hari (Pukul.....s/d.....)
 - b.hari/minggu
 - c. Berapa lama bekerja..... Tahun
3. Lama Libur
 - a. Dalam 1 minggu :hari
 - b. Dalam 1 bulan :hari
 - c. Dalam 1 tahun :hari
 - d. Total Libur dalam 1 tahun:hari

C. Data Kesehatan

Petunjuk Pengisian

Berilah tanda *checklist*(✓) pada kolom YA jika deskripsi yang diberikan sesuai dengan kondisi Anda. Jika tidak, berikan *checklist*(✓) pada kolom TIDAK.

No.	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Apakah sebelum bekerja disini anda pernah mengalami gangguan pernafasan? (seperti sesak nafas, nyeri dada, batuk dan nyeri tenggorokan)		
2.	Apakah setelah bekerja disini anda pernah mengalami gangguan pernafasan?		
3.	Apakah anda pernah mengalami sesak nafas selama 1 bulan terakhir?		
4.	Apakah sesak nafas anda disertai dengan nyeri pada dada?		
5.	Apakah anda mengalami batuk selama 1 bulan terakhir?		
6.	Apakah batuk anda disertai dahak?		
7.	Apakah anda pernah mengalami infeksi Sinus (sinusitis) atau faring selama 1 bulan terakhir?		
8	Apakah Bapak/Ibu mempunyai riwayat penyakit seperti (ISPA, TBC, asma)		

LAMPIRAN 6

ANALISI MENGGUNAKAN SPSS

Jenis Kelamin

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Laki-Laki	8	53.3	53.3	53.3
	Perempuan	7	46.7	46.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Gangguan Pernapasan

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ada	9	60.0	60.0	60.0
	Tidak	6	40.0	40.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Statistics

		Apakah anda pernah mengalami sesak nafas selama 1 bulan terakhir	Apakah sesak nafas anda disertai dengan nyeri pada dada	Apakah anda mengalami batuk selama 1 bulan terakhir	Apakah batuk anda disertai dahak	Apakah anda pernah mengalami infeksi sinusitis selama 1 bulan terakhir
N	Valid	15	15	15	15	15
	Missing	0	0	0	0	0
Std. Error of Mean		.131	.126	.091	.126	.133
Std. Deviation		.507	.488	.352	.488	.516
Variance		.257	.238	.124	.238	.267
Percentiles	25	.00	.00	1.00	.00	.00
	50	1.00	.00	1.00	1.00	1.00
		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Apakah anda pernah mengalami sesak nafas selama 1 bulan terakhir

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	6	40.0	40.0	40.0
	Ya	9	60.0	60.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Apakah sesak nafas anda disertai dengan nyeri pada dada

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	10	66.7	66.7	66.7
	Ya	5	33.3	33.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Apakah anda mengalami batuk selama 1 bulan terakhir

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	2	13.3	13.3	13.3
	Ya	13	86.7	86.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Apakah batuk anda disertai dahak

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	5	33.3	33.3	33.3
	Ya	10	66.7	66.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Apakah anda pernah mengalami infeksi sinusitis selama 1 bulan terakhir

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Tidak	7	46.7	46.7	46.7
	Ya	8	53.3	53.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

LAMPIRAN 8 DOKUMENTASI PENELITIAN



Penimbangan kertas saring pre kondisi



Keringkan kertas saring dalam oven pada suhu $103-105^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam



dinginkan kertas saring dalam desikator selama 15 menit.



Pengambilan sampel di SPBU



Hasil kertas saring setelah penyaringan



Wawancara pengisian kuesioner

ORIGINALITY REPORT

24%	23%	9%	9%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id Internet Source	5%
2	journal.poltekkes-mks.ac.id Internet Source	2%
3	repository.stikesalifah.ac.id Internet Source	2%
4	jurnal.poltekkespadang.ac.id Internet Source	1%
5	jurnal.unw.ac.id Internet Source	1%
6	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan Student Paper	1%
7	eprints.sinus.ac.id Internet Source	1%
8	dishub.tulungagung.go.id Internet Source	1%
9	funworldmaybe.blogspot.com Internet Source	1%
10	repository.unja.ac.id Internet Source	1%
11	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	< 1%
12	text-id.123dok.com Internet Source	