

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) PADA
PEKERJA AKIBAT PROYEK PERLUASAN TERMINAL
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL
SULTAN HASANUDDIN**

WINDA APRILIA

K11116530



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

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN *PARTICULATE MATTER* (PM₁₀) PADA
PEKERJA AKIBAT PROYEK PERLUASAN TERMINAL
DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL
SULTAN HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh

**WINDA APRILIA
K11116530**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 15 April 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Anyar, SKM., M.Sc., PhD

Nip. 19740816 199903 1 002

Pembimbing Pendamping



Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc

Nip. 19760418 200501 2 001

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



Dr. Suriah, SKM., M.Kes

Nip. 19740520 200212 2 001

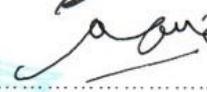
PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Kamis, tanggal 15 April 2021.

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

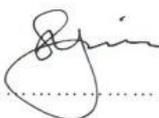
(.....


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

(.....


Anggota :

1. Dr. Syamsuar, SKM., M.Kes., M.ScPH

(.....


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

(.....


PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Winda Aprilia
NIM : K11116530
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Risiko Kesehatan *Particulate Matter* (PM₁₀) pada Pekerja

Akibat Proyek Perluasan Terminal di Bandar Udara

Internasional Sultan Hasanuddin

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

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

Makassar, 5 Juni 2021

Yang Menyatakan



Winda Aprilia

RINGKASAN

Universitas Hasanuddin
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Kesehatan Lingkungan
Makassar, April 2021

WINDA APRILIA

“Analisis Risiko Kesehatan *Particulate Matter* (PM₁₀) pada Pekerja Akibat Proyek Perluasan Terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin”

(xv + 82 Halaman + 7 Tabel + 4 Gambar + 12 Lampiran)

Latar Belakang: Jumlah pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru di Indonesia diperkirakan hampir mencapai 50%. Balai Hiperkes dan Kesehatan Kerja Sulawesi Selatan pada tahun 1999 telah melakukan pemeriksaan kapasitas paru pada 200 tenaga kerja di delapan perusahaan. Hasil yang diperoleh dari 90 responden adalah sebesar 45% yang mengalami restriktif dan masing-masing dua responden (1%) yang mengalami obstruktif dan kombinasi. Kematian dan kesakitan akibat polusi udara seringkali disebabkan oleh *Particulate Matter* (PM). Selama beberapa tahun terakhir ini kegiatan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin semakin meningkat sejalan dengan peningkatan kegiatan pembangunan di Kawasan Indonesia Timur dan Sulawesi Selatan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar risiko kesehatan pajanan PM₁₀ pada pekerja akibat proyek perluasan terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.

Metode: Jenis penelitian ini adalah penelitian observasional dengan rancangan *cross sectional study* dan dianalisis menggunakan metode ARKL. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh pekerja proyek yang berada di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Sampel manusia dan sampel lingkungan diambil dengan teknik *purposive sampling*, dengan jumlah 94 sampel. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2020 sampai Februari 2021 dan menggunakan instrumen berupa kuesioner dan pengukuran udara menggunakan alat HVAS. Data analisis secara *univariat* menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

Hasil: Hasil analisis risiko kesehatan lingkungan terhadap 94 responden menunjukkan bahwa nilai $RQ < 1$ dan $THQ < 1$ dengan rata-rata nilai *intake* inhalasi adalah 0,000173617. Sedangkan konsentrasi PM₁₀ berkisar antara 8,0358 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ hingga 12,6277 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, konsentrasi tersebut masih berada di bawah batas aman. **Kesimpulan:** Nilai $RQ \leq 1$ menunjukkan bahwa pajanan dengan konsentrasi yang telah diperoleh pada pengukuran di 7 titik, aman bagi pekerja dan THQ dengan hasil ≤ 1 menunjukkan bahwa pekerja proyek tidak akan mengalami efek merugikan kesehatan sebagai akibat dari pajanan berisiko.

Kata Kunci : Analisis Risiko, PM₁₀, Pekerja.
Daftar Pustaka : 70 (1981 - 2020)

SUMMARY

*Hasanuddin University
Faculty of Public Health
Environmental Health
Makassar, April 2021*

WINDA APRILIA

“Health Risk Assessment of Particulate Matter (PM₁₀) on the Workers due to the Terminal Expansion Project at Sultan Hasanuddin International Airport”

(xv + 82 Pages + 7 Tables + 4 Pictures + 12 Attachment)

Background: The number of workers with impaired lung function in Indonesia is estimated to reach 50%. In 1999, the Occupational Health Center in South Sulawesi has done the lung function tests on 200 workers from eight companies. The results obtained from 90 respondents were that 45% of the respondents had restrictive lung disease, while each of two respondents (1%) had obstructive lung disease and combined restrictive and obstructive lung diseases. Death and illness due to air pollution are often caused by Particulate Matter (PM). During the last few years, the activities at Sultan Hasanuddin International Airport have increased in line with the increase in construction activities in Eastern Indonesia and South Sulawesi. **Purpose:** This research aims to determine the health risk of PM₁₀ exposure on the workers due to the terminal expansion project at Sultan Hasanuddin International Airport.

Methods: This research was an observational research with cross sectional study design and analyzed by using the Environmental Health Risk Assessment (EHRA) method. The population in this research were all of the construction workers who worked at Sultan Hasanuddin International Airport, Makassar. The human sample and environmental sample were taken by using purposive sampling technique with a total of 94 samples. This research was conducted from December 2020 to February 2021 and used the instruments in the form of questionnaires and air measurement by using HVAS. The data analysis was univariate analysis that used the Kolmogorov-Smirnov test.

Results: The results of the environmental health risk analysis of 94 respondents showed the RQ value of <1 and THQ <1 with the average value of inhalation intake was 0,000173617. Meanwhile, the PM₁₀ concentration ranged from 8.0358 µg/Nm³ to 12.6277 µg/Nm³, these concentrations were still below the safe limit. **Conclusion:** The RQ value of ≤1 indicates that the exposure with the concentration obtained from the measurement in 7 points is safe for the workers, and THQ with the result of ≤1 indicates that the construction workers will not experience adverse health effects caused by the risky exposure.

Keywords : Risk Assessment, PM₁₀, Workers.

References : 70 (1981 - 2020)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT. Tuhan yang Maha Esa sang pencipta alam semesta yang senantiasa memberikan nikmat dan keberkahan sehingga kita masih dapat melakukan aktivitas seperti biasanya. Tak lupa pula kita kirimkan salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan dalam mencapai nikmat hidup.

Rasa syukur yang tak henti-hentinya penulis ucapkan atas terselesainya Skripsi yang berjudul “**Analisis Risiko Kesehatan *Particulate Matter* (PM₁₀) pada Pekerja Akibat Proyek Perluasan Terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin**” sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat di Universitas Hasanuddin.

Penulis telah mendapatkan banyak masukan dalam penyusunan skripsi ini, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat bermanfaat baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulusnya dan sebesar-besarnya kepada Bapak **Prof. Anwar, SKM., M.Sc., PhD** selaku pembimbing I, dan Ibu **Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc** selaku pembimbing II atas segala bimbingan, nasehat, arahan serta meluangkan waktunya yang begitu berharga kepada penulis dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Dr. Syamsuar, SKM., M.Kes., M.ScPH** selaku penguji I, Bapak **Dr. Lalu Muhammad Saleh, SKM., M.Kes** selaku penguji II yang telah memberikan bimbingan dan arahan demi kesempurnaan tulisan ini.
2. Bapak **Muhammad Rachmat, SKM., M.Kes** selaku penasehat akademik selama menempuh kuliah di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Ibu **Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes** selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Ibu **Dr. Suriah, SKM, M.Kes** selaku ketua program studi Fakultas Kesehatan Masyarakat.
5. Seluruh Dosen Departemen Kesehatan Lingkungan yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis serta kepada Staff Departemen Kesehatan Lingkungan FKM UNHAS terima kasih atas segala bantuannya selama penulis menjadi mahasiswa Departemen Kesehatan Lingkungan.
6. Seluruh staff Fakultas Kesehatan Masyarakat yang banyak membantu penulis selama menjalani studi di Universitas Hasanuddin.
7. Kepala PT Wijaya Karya (Persero) Tbk serta para staf khususnya Mas Ikhya, Mas Dzaniel, dan Mas Agus yang telah membagi ilmunya dan turut membimbing penulis selama proses wawancara terhadap pekerja proyek selama penelitian berlangsung.

8. Kepala Balai Besar Industri Hasil Perkebunan (BBIHP) Makassar serta para staf, khususnya Ibu Anti dan Kak Awal yang telah membantu proses pengukuran PM_{10} selama penelitian berlangsung.
9. Orang tua penulis yang tercinta **Ruslan Salam** dan **Nur Asisah** atas kasih sayang, dukungan, kesabaran dan doa yang senantiasa diberikan kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan studi. Serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan *support*.
10. Seluruh Angkatan 2016 FKM Unhas **GOBLIN** yang senantiasa memiliki rasa senasib dan sepenanggungan.
11. Teman-teman **FORKOM KL** yang memberikan banyak pengalaman berorganisasi dan bantuan selama di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
12. Teman-teman PBL Palleko Kabupaten Takalar **Ayu Widya, Nurul, Ela, Kiyah, Tul, Mega, Tri, dan Cipta** yang turut memberikan pengalaman yang luar biasa selama 6 minggu hidup bersama.
13. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata Kelurahan Labessi Kabupaten Soppeng, **Kiki, Dyka, Aul, Ita, Hesti, Hanifah, Yana, Cesar, Taufiq, dan Oci** terimakasih atas pengalaman dan pembelajaran selama KKN.
14. Teman-teman Magang KKP (**Diba, Rubi, Anti, dan Indi**) terimakasih atas masukan, semangat, dan dukungannya.
15. Teman-teman **SNIP9R SMAELI** terimakasih untuk tetap saling mengingat dan kebersamai.

16. Terima kasih kepada **Mega, Ima, Alifiah, Yuyus, Rani, Ainun, Inayah, Reny, dan Rezky** yang senantiasa memberikan semangat serta masukan selama proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan namanya tidak sempat penulis sebutkan satu per satu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Makassar, 08 April 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Tinjauan Umum tentang <i>Particulate Matter</i>	8
B. Tinjauan Umum tentang Faktor yang Mempengaruhi Paparan PM....	12
C. Tinjauan Umum tentang Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan.....	15
D. Kerangka Teori	27
BAB III KERANGKA KONSEP	28
A. Dasar Pemikiran Variabel yang diteliti	28
B. Kerangka Konsep	29
C. Definisi Operasional	30
BAB IV METODE PENELITIAN	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	31

C.	Populasi dan Sampel	31
D.	Instrumen Penelitian	34
E.	Pengumpulan Data	34
F.	Pengolahan dan Analisis Data.....	36
G.	Penyajian Data	40
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A.	Gambaran Umum Lokasi	41
B.	Hasil Penelitian	42
C.	Pembahasan.....	60
D.	Keterbatasan Penelitian.....	80
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
A.	Kesimpulan	82
B.	Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Definisi Operasional	30
Tabel 2. Distribusi Karakteristik Responden di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	44
Tabel 3. Hasil Pengukuran PM ₁₀ di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	45
Tabel 4. Distribusi Responden Berdasarkan Varibel yang Diteliti di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	47
Tabel 5. Distribusi Besar Risiko Responden di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	57
Tabel 6. Distribusi Target Bahaya Responden di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin	59
Tabel 7. Rekapitulasi Nilai <i>Intake</i> , RFC, dan THQ pada Responden.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Paradigma Analisis Risiko	18
Gambar 2. Kerangka Teori.....	27
Gambar 3. Kerangka Konsep	29
Gambar 4. Titik Pengukuran PM ₁₀	43

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuesioner Penelitian
- Lampiran 2 Surat Izin Penelitian dari Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset, dan Inovasi FKM Unhas kepada Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sulawesi Selatan
- Lampiran 3 Surat Izin Penelitian dari Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sulawesi Selatan kepada Kepala PT Angkasa Pura I
- Lampiran 4 Surat Persetujuan Pengambilan Data dari PT Angkasa Pura I
- Lampiran 5 Surat Izin Penelitian dari Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sulawesi Selatan kepada Kepala Kantor Otoritas Bandar Udara Makassar
- Lampiran 6 Surat Persetujuan Penelitian dari Kepala Kantor Otoritas Bandar Udara Makassar
- Lampiran 7 Surat Permintaan Pengambilan Sampel dari Departemen Kesehatan Lingkungan kepada Kepala Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar
- Lampiran 8 Surat Penawaran Biaya Pengujian Sampel Udara dari Kepala Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar
- Lampiran 9 Hasil Laboratorium Pengujian Konsentrasi PM₁₀
- Lampiran 10 Hasil Output Analisis SPSS
- Lampiran 11 Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 12 Riwayat Hidup

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

APD	: Alat Pelindung Diri
ARKL	: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
ATSDR	: <i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i>
CSF	: <i>Cancer Slope Factor</i>
ECR	: <i>Excess Cancer Risk</i>
EUOSHA	: <i>European Agency for Safety and Health at Work</i>
HVAS	: <i>High Volume Air Sampler</i>
LOAEL	: <i>Lowest-Observed-Advers-Efec Level</i>
NOAEL	: <i>No Observed Advers Efect Level</i>
P2PL	: Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan
PM ₁₀	: <i>Particulate Matter 10</i>
RfD	: <i>Reference Dose</i>
RfC	: <i>Reference Concentration</i>
RQ	: <i>Risk Quotient</i>
T _{avg}	: <i>Time Average</i>
THQ	: <i>Target Hazard Quotient</i>
Wb	: <i>Weight Body</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktivitas pembangunan dengan berbagai macam jenisnya, tentunya memiliki dampak positif dan negatif. Dampak positif dari proses pembangunan adalah berupa terserapnya tenaga kerja serta meningkatnya perekonomian. Proses pembangunan juga tidak terlepas dari dampak negatif yang mungkin dihasilkan selama proses produksi tersebut. Dampak negatif yang mungkin dihasilkan dapat berupa limbah (padat dan cair) serta pencemaran lingkungan (air, udara, dan tanah) yang berpengaruh terhadap kesehatan pekerja dan masyarakat yang berada disekitar (Wijayanti & Indarjo, 2018).

International Labour Organization (ILO) menyatakan bahwa penyebab kematian yang berhubungan dengan pekerjaan adalah penyakit kanker dengan persentasi yaitu 34%, 25% akibat kecelakaan, 21% penyakit saluran pernapasan, 15% penyakit kardiovaskuler, dan 5% disebabkan oleh faktor yang lain. Jumlah pekerja yang mengalami gangguan fungsi paru di Indonesia sendiri diperkirakan hampir mencapai 50%. Balai Hiperkes dan Kesehatan Kerja Sulawesi Selatan pada tahun 1999 telah melakukan pemeriksaan kapasitas paru pada 200 tenaga kerja di delapan perusahaan. Hasil yang diperoleh dari 90 responden adalah sebesar 45% yang mengalami restriktif (penyempitan paru-paru) dan masing-masing dua responden (1%) yang mengalami obstruktif (penyumbatan paru-paru) dan kombinasi (gabungan antara restriktif dan obstruktif) (Fahmi, 2012).

Kematian dan kesakitan akibat polusi udara seringkali disebabkan oleh *Particulate Matter* (PM). *Particulate matter* merupakan senyawa campuran dari partikel padat dan cair yang dapat ditemukan di udara. Komponen utama dari *particulate matter* adalah sulfat, nitrat, amonia, sodium klorida, karbon, mineral debu, air, logam, dan *polycyclic aromatic hydrocabons* (WHO, 2016). Berdasarkan ukurannya, *Environmental Protection Agency* (EPA) mengelompokkan partikel debu menjadi 2 kategori, yaitu partikel debu < 10 μm (PM₁₀) dan partikel debu < 2,5 μm (PM_{2,5}). Partikulat debu dapat mengendap di dalam tubuh kemudian masuk ke dalam saluran pernapasan melalui beberapa mekanisme fisik seperti sedimentasi, impaksi, difusi, intersepsi dan elektronik presipitasi (Hastiti, 2013).

PM memiliki dampak paling berbahaya bagi kesehatan manusia karena kemampuannya yang dapat masuk sampai ke sistem pernapasan yang paling dalam. Partikel berukuran 2.5 μm sampai dengan 10 μm dapat menembus ke dalam paru tanpa tersaring oleh rambut di dalam hidung. Partikel berukuran dibawah 2.5 μm (PM_{2,5}) apabila terhirup tidak dapat disaring dalam sistem pernapasan bagian atas dan akan menembus bagian terdalam paru-paru (Rixson dkk, 2015).

PM₁₀ mampu terdispersi pada jarak yang bervariasi mulai dari 1 km sampai 10 km (Lestari dkk, 2019). Efek kronis akibat paparan PM₁₀ dapat muncul setelah terjadinya kontak selama beberapa hari, minggu, bulan, bahkan hingga hitungan tahun. Berbagai studi menemukan hubungan PM₁₀ dengan beberapa kelainan kesehatan seperti menurunkan fungsi paru, memperparah

penyakit paru dan jantung, gangguan sistem syaraf dan pembuluh darah. Efek kronis yang paling berbahaya dari PM_{10} yaitu dapat memicu kematian dini pada orang dengan penyakit paru dan jantung (Wulandari dkk, 2016).

Studi multikota yang dilakukan di Eropa (29 kota) dan di Amerika Serikat (20 kota) melaporkan efek mortalitas paparan singkat untuk PM_{10} 0,62% dan 0,46% per setiap kenaikan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 jam rata-rata). Studi 24 kota di Harvard, Amerika Serikat menyebutkan efek paparan PM dengan waktu yang lama berakibat terhadap peningkatan terjadinya penyakit saluran pernapasan (Rixson dkk, 2015). Publikasi WHO memberikan nilai baku mutu konsentrasi massa rata-rata tahunan untuk PM_{10} sebesar $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan untuk periode 24 jam adalah $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan rata-rata tahunan $PM_{2.5}$ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 24 jam adalah $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, baku mutu udara ambien nasional 24 jam untuk PM_{10} adalah $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk periode 1 tahun sedangkan $PM_{2.5}$ sebesar $65 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk 24 jam dan $15 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ untuk periode 1 tahun.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Anselma dkk tahun 2019 pada pekerja pabrik CPO (*Crude Palm Oil*) di PT.X Kalimantan Barat menunjukkan bahwa kadar debu PM_{10} setiap tahunnya melebihi nilai ambang batas ($150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$). Kadar debu tertinggi mencapai $236,04 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ yang terjadi pada tahun 2017. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kadar debu PM_{10} dengan gangguan fungsi paru, dimana semakin meningkat kadar debu maka kapasitas vital paru-paru akan semakin

menurun. Penelitian lain yang dilakukan oleh Rahma tahun 2018 pada pekerja industri batu bata di Kenagarian Sarilamak Kabupaten Lima Puluh Kota menunjukkan bahwa pengukuran konsentrasi PM_{10} selama 1 jam pada empat lokasi sampling selama dua hari didapatkan hasil konsentrasi PM_{10} melebihi NAB pada semua titik pengukuran, yaitu pada titik 1 sebesar $217 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, titik 2 sebesar $881 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, titik 3 sebesar $737 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan pada titik 4 sebesar $670 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Bandar udara memiliki peran sebagai pintu gerbang kegiatan perekonomian dalam upaya pemerataan pembangunan, pertumbuhan dan stabilitas ekonomi serta keselarasan pembangunan nasional dan pembangunan daerah yang digambarkan sebagai lokasi dan wilayah di sekitar bandara yang menjadi pintu masuk dan keluar kegiatan perekonomian. Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin merupakan satu-satunya bandara internasional yang ada di Sulawesi Selatan yang melayani kedatangan serta keberangkatan pesawat dari luar negeri maupun dari dalam negeri. Selama beberapa tahun terakhir ini kegiatan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin semakin meningkat sejalan dengan peningkatan kegiatan pembangunan di Kawasan Indonesia Timur dan Sulawesi Selatan khususnya (Khaerunnisa, 2017).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur tingkat risiko kesehatan akibat pajanan toksikan adalah dengan menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). ARKL merupakan studi yang memperkirakan tingkat risiko kesehatan secara kuantitatif bagi masyarakat atau

pekerja yang terpajan oleh zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber baik fisik, kimia maupun biologis (Lestari dkk, 2019).

Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan oleh peneliti didapatkan bahwa konsentrasi debu di lingkungan bandara relatif cukup tinggi. Selain bersumber dari aktivitas pembangunan itu sendiri juga disertai aktivitas transportasi, tingginya kadar debu juga disebabkan oleh akses jalan masuk di beberapa lokasi pembangunan yang masih berupa tanah atau belum di aspal. Jalan masuk lingkungan industri tersebut selalu dilalui oleh kendaraan yang keluar masuk untuk mengantarkan tanah, pasir ataupun kerikil. Selain itu, terdapat beberapa pekerja proyek di lingkungan bandara yang tidak menggunakan masker, sehingga partikel debu yang dihasilkan dari berbagai aktivitas dapat langsung terhirup dan masuk ke dalam sistem pernapasan.

Berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan analisis risiko dalam rangka menilai besar risiko pajanan PM_{10} terhadap pekerja di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin. Hasil penelitian ini tidak hanya bermanfaat dalam pengendalian risiko, tetapi juga dapat digunakan sebagai kerangka ilmiah dalam pengambilan keputusan dan kebijakan dalam mengatasi masalah-masalah kesehatan dan lingkungan. Maka dari itu peneliti mengambil judul penelitian yaitu “Analisis Risiko Kesehatan *Particulate Matter* (PM_{10}) pada Pekerja Akibat Proyek Perluasan Terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka peneliti dapat merumuskan masalah sebagai berikut: “Bagaimana besar risiko kesehatan pajanan PM₁₀ pada pekerja akibat proyek perluasan terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin?”.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tujuan Umum

Mengetahui besar risiko kesehatan pajanan PM₁₀ pada pekerja akibat proyek perluasan terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.

2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui konsentrasi PM₁₀ di udara Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.
- b. Menganalisis nilai *intake* inhalasi pajanan PM₁₀ pada pekerja proyek pembangunan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.
- c. Menganalisis nilai *Risk Quotient* (RQ) pajanan PM₁₀ pada pekerja proyek pembangunan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.
- d. Menganalisis nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) pajanan PM₁₀ pada pekerja proyek pembangunan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin.

D. Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi Instansi

Penelitian ini dapat menjadi sumber informasi atau masukan tambahan bagi pihak bandara yang bersangkutan dalam memutuskan kebijakan dan regulasi terhadap upaya pencegahan terkait penyakit yang ditimbulkan.

2. Bagi Institusi

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya mengenai Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) pajanan PM_{10} .

3. Bagi masyarakat /pekerja

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pekerja atau masyarakat khususnya di lingkungan bandara tentang bagaimana PM_{10} yang dihasilkan oleh aktivitas pembangunan dapat berisiko terhadap kesehatan.

4. Bagi peneliti

Penyusunan proposal penelitian hingga hasil penelitian menjadi pengalaman penting bagi peneliti. Peneliti mendapatkan tambahan wawasan dan juga pengalaman serta berkesempatan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh studi di Program Studi Kesehatan Masyarakat Departemen Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang *Particulate Matter*

Particulate Matter atau partikel yang berada di udara merupakan bentuk kompleks dari campuran dari zat kimia organik dan anorganik (WHO, 2003). *Particulate matter* atau biasa disebut juga debu merupakan padatan atau *liquid* berupa asap, debu, atau uap yang akan menetap di atmosfer dalam waktu yang lama. Materi partikulat yang terhisap jika dalam ukuran besar akan menetap di pernapasan atas dalam waktu lama dan jika dalam ukuran kecil (*inhalable*) akan masuk ke dalam paru-paru dan merusak pernapasan (Wilyusdinik, 2012).

Sumber *particulate matter* berasal dari sumber alami dan sumber antropogenik. Sumber alami dapat bersumber dari vulkanik, hutan, pembakaran padang rumput, dan sebagainya (Pertiwi, 2014). Sumber kegiatan manusia contohnya dari emisi transportasi, aktivitas pembangunan atau industri, pembakaran sampah, dan sebagainya (Pertiwi, 2014).

Particulate matter masuk ke tubuh manusia melalui jalur inhalasi dan masuk ke saluran pernapasan. Sistem pernapasan manusia memiliki beberapa mekanisme pertahanan yang berperan untuk mencegah partikel-partikel asing dan berbahaya masuk ke dalam paru-paru. Seperti halnya rambut-rambut hidung dan membran mukosa akan melakukan upaya proteksi terhadap partikel yang akan masuk ke dalam saluran pernapasan dengan mekanisme penyaringan (Falahdina, 2017).

Terdapat silia pada hidung dan tenggorokan yang menahan benda-benda asing seperti debu dengan ukuran 5 - 10 mikron yang kemudian dikeluarkan bersama sekret waktu napas, sedangkan yang berukuran 3 - 5 mikron ditahan pada bagian tengah jalan pernapasan. Penumpukan dan pergerakan debu pada saluran napas dapat menyebabkan peradangan jalan napas. Peradangan yang terjadi dapat menyebabkan penyumbatan jalan napas sehingga akhirnya dapat menurunkan fungsi paru. Untuk partikel 1 - 3 mikron dapat masuk ke alveoli paru-paru dan partikel 0,1 - 1 mikron tidak mudah hinggap di permukaan alveoli karena adanya gerakan *brown*, tetapi akan membentur permukaan alveoli dan dapat tertimbun di alveoli. Debu yang masuk ke alveoli dapat menyebabkan pengerasan pada jaringan (*fibrosis*) dan bila 10% alveoli mengeras akibatnya mengurangi elastisitasnya dalam menampung volume udara. Kemampuan elastisitas alveoli yang berkurang akan menyebabkan kemampuan untuk mengikat oksigen juga menurun. Fibrosis yang terjadi ini dapat menurunkan kapasitas vital paru (Suma'mur, 2009).

Semakin tinggi konsentrasi partikel debu dalam udara dan semakin lama paparan berlangsung, maka jumlah partikel yang mengendap di paru-paru juga semakin banyak. Setiap inhalasi 500 partikel per millimeter kubik udara, setiap alveoli paling sedikit menerima 1 partikel dan apabila konsentrasi mencapai 1000 partikel per millimeter kubik, maka 10% dari jumlah tersebut akan tertimbun di paru-paru. Konsentrasi yang melebihi 5000 partikel per millimeter kubik sering dihubungkan dengan terjadinya pneumokoniosis (Mangkunegoro, 2003).

Mekanisme *particulate matter* dalam membahayakan sistem pernapasan manusia adalah sebagai berikut (Xing *et al*, 2016):

1. Luka oleh peroksida radikal bebas, radikal bebas, logam, dan komponen organik dari PM menginduksi produksi radikal bebas untuk teroksidasi di sel paru. Permukaan PM mengandung ion, tembaga, zink, mangan, dan elemen transisi lain, termasuk *polycyclic aromatic hydrocarbon* dan *lipopolysaccharide*. Komponen ini meningkatkan produksi radikal bebas di paru. Partikel menghasilkan oksigen reaktif, terutama oleh partikel yang dapat larut dalam air memproduksi *hydroxyl radical* dengan mengaktivasi logam. *Hydroxy radical* merupakan faktor utama yang menyebabkan kerusakan DNA, ketika DNA rusak maka tidak dapat menginduksi pembentukan teratogen dan sel kanker, terjadinya mutasi gen dan bahaya *irreversible* lainnya. Partikel tidak hanya merusak DNA dan menekan perbaikan DNA, namun juga menginduksi replikasi dari DNA yang sudah rusak sehingga dapat memicu perkembangan sel kanker.
2. Ketidakseimbangan kalsium intraseluler, kalsium merupakan pembawa pesan sekunder yang meregulasi fungsi fisiologis dan patologis dari sel. Konsentrasi kalsium yang tidak normal mengakibatkan reaksi inflamasi, dan kerusakan sel. PM menginduksi produksi radikal bebas secara berlebihan dan menurunkan kemampuan antioksidan dari sel. Hal tersebut mengakibatkan kematian sel dan nekrosis.

3. Reaksi inflamasi, PM menstimulasi ekspresi berlebihan dari faktor gen transkripsi dan gen sitokin yang menyebabkan inflamasi. Interaksi antara sel inflamasi dan sitokin dapat merusak sel paru.

Pengukuran PM_{10} dilakukan untuk mengetahui kadar PM_{10} di udara, apakah berada pada kadar yang sesuai dengan standar baku mutu atau tidak. Metode pengukuran PM_{10} secara umum dilakukan dengan menggunakan metode *gravimetric*, yaitu melewati udara dengan volume tertentu melewati kertas saring atau saringan serta. Alat-alat yang digunakan untuk mengukur PM_{10} adalah (Oktaviana, 2019):

1. *Dust Trak*

Dust trak merupakan monitor aerosol yang mampu menangkap debu yang memiliki ukuran 10 mikrometer, 2,5 mikrometer, dan 1 mikrometer. pengoperasian *dust trak* menggunakan baterai, teknik pengukurannya menggunakan *laser photometer*, berfungsi untuk mengukur dan merekam konsentrasi debu yang berada di udara. Penggunaan alat ini lebih tepat digunakan untuk mengukur kualitas udara yang berada di dalam ruangan.

2. *Haz-Duzt* (EPAM-5000)

Alat ini adalah *microprocessor portable* yang merupakan partikulat monitor, dapat digunakan untuk mengetahui kualitas udara ambien, selain itu juga dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi PM_{10} , $PM_{2,5}$, PM_1 , dan kadar debu total di udara.

3. *High Volume Air Sampler (HVAS)*

HVAS adalah salah satu alat untuk mengukur jumlah partikel seperti TSP, PM₁₀ dan PM_{2,5}. Teknik pengambilan sampel menggunakan alat ini menurut standar pemerintah dilakukan menggunakan metode analisis *gravimetri*. Prinsip kerja alat HVAS yaitu udara dihisap melalui *filter* di dalam *shelter* menggunakan pompa vakum dengan laju alir tinggi sehingga partikel terkumpul di permukaan *filter*. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam *filter* selama periode waktu tertentu dianalisa secara *gravimetri* kemudian ditimbang dengan timbangan (4 digit dibelakang koma) dalam ruangan bersuhu 15 - 27°C dan kelembaban 0 - 50% (Rohmahr dkk, 2018).

Berdasarkan SNI 16-7058-2004, komponen alat ini terdiri dari pompa hisap/vakum, *filter holder* (tempat filter penyaring udara) dan *flow meter*. Pompa hisap berfungsi untuk menghisap udara luar ke dalam alat tersebut. Udara yang terhisap dapat diatur lajunya oleh sebuah alat pengukur laju alir udara (*flowmeter*) sehingga nantinya *volume* udara yang dihisap dapat dihitung. Jika ingin mengukur jumlah partikulat di udara, udara yang dihisap dialirkan melalui *filter* yang disimpan di dalam tempat *filter (filter holder)*. Jenis dan ukuran pori *filter* dapat dipilih sesuai tujuan dan jenis contoh yang ingin diperiksa kadarnya (Sulfikar & Murwansyah, 2014).

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Paparan *Particulate Matter*

Paparan PM₁₀ pada pekerja dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yaitu:

1. Umur

Semakin tua umur seseorang, maka semakin rentan terkena ISPA karena terjadi degenerasi otot-otot pernapasan dan elastisitas jaringan menurun sehingga kekuatan otot-otot pernapasan menjadi menurun untuk menghirup udara. Semakin tua umur seseorang, semakin banyak alveoli yang rusak sehingga menyebabkan gangguan fungsi alveoli. Selain itu daya tahan tubuh yang rendah, dan pajanan debu sebagai hasil dari penghirup debu sehari-hari juga mempengaruhi untuk menyebabkan ISPA pada orang dengan umur yang sudah tua (Cholida, 2017).

2. Berat Badan

Individu atau pekerja dengan berat badan berlebih dapat menyebabkan penurunan kapasitas vital paru karena menurunnya elastisitas dan kemampuan mengembang dinding rongga dada. Hal ini disebabkan oleh dinding dada yang tebal karena lipatan lemak sehingga akan menghambat gerakan diafragma bahkan dapat menyebabkan sumbatan saluran pernapasan dan mengurangi ekspansi paru selama inspirasi dan dapat mengurangi kapasitas paru. Pekerja yang mengalami obesitas, akan bernapas lebih cepat sehingga partikulat yang dihirup lebih banyak (Falahdina, 2017).

3. Lama dan Masa Kerja

Masa kerja adalah suatu kurun waktu atau lamanya tenaga kerja itu bekerja di suatu tempat. Semakin lama seseorang dalam bekerja maka semakin banyak dia telah terpapar bahaya yang ditimbulkan oleh

lingkungan kerja tersebut. Pekerja suatu proyek pembangunan, apabila semakin lama terpapar oleh debu dan terus menerus maka dapat mempengaruhi kesetahan terutama saluran pernapasan (Cholida, 2017).

4. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan. Alat ini digunakan seseorang dalam melakukan pekerjaannya, yang dimaksud untuk melindungi dirinya dari sumber bahaya tertentu baik yang berasal dari pekerjaan maupun dari lingkungan kerja. Alat pelindung diri ini tidaklah secara sempurna dapat melindungi tubuhnya tetapi akan dapat mengurangi tingkat keparahan yang mungkin terjadi. APD yang tepat bagi tenaga kerja yang berada pada lingkungan kerja dengan paparan debu berkonsentrasi tinggi adalah (Budiono, 2003):

- a) Masker, masker berguna untuk melindungi debu atau partikel-partikel yang lebih besar yang masuk dalam pernapasan, dapat terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu. Macam-macam masker dibedakan atas masker penyaring debu, masker berhidung, masker bertabung, masker kertas, masker plastik.
- b) Respirator, respirator berguna untuk melindungi pernapasan dari debu, kabut, uap, logam, asap, dan gas. Alat ini dibedakan atas respirator pemurni udara yang berfungsi untuk membersihkan udara dengan cara menyaring atau menyerap kontaminan dengan toksinitas rendah sebelum memasuki sistem pernapasan, kedua adalah respirator penyalur udara

yang berfungsi membersihkan aliran udara yang tidak terkontaminasi secara terus menerus. Udara dapat dipompakan dari sumber yang jauh (dihubungkan denganselang tahan tekanan) atau dari persediaan yang *portable* (seperti tabung yang berisi udara bersih atau oksigen). Jenis ini biasa dikenal dengan *Self Contained Breathing Apparatus* (SCBA) atau alat pernapasan mandiri, digunakan di tempat kerja yang terdapat gas beracun atau kekurangan oksigen.

C. Tinjauan Umum tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target spesifik (Pamungkas dkk, 2017). Tujuan analisis risiko adalah untuk memperkirakan risiko yang mungkin dapat terjadi. Manfaat analisis risiko adalah untuk melindungi manusia dari kemungkinan efek yang merugikan dari suatu bahan berbahaya (Saputro, 2015).

WHO (2004) mendefinisikan analisis risiko sebagai proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memprakirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau sub populasi, termasuk identifikasi ketidakpastiann yang menyertainya, setelah terpajan oleh agent tertentu. Risiko itu sendiri didefinisikan sebagai kebolehjadian (probabilitas) suatu efek merugikan pada suatu organisme, sistem atau sub populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu agen dalam keadaan tertentu. Definisi lain menyebutkan

risiko kesehatan manusia sebagai kebolehjadian kerusakan kesehatan seseorang yang disebabkan oleh pemajanan atau serangkaian pemajanan bahaya lingkungan.

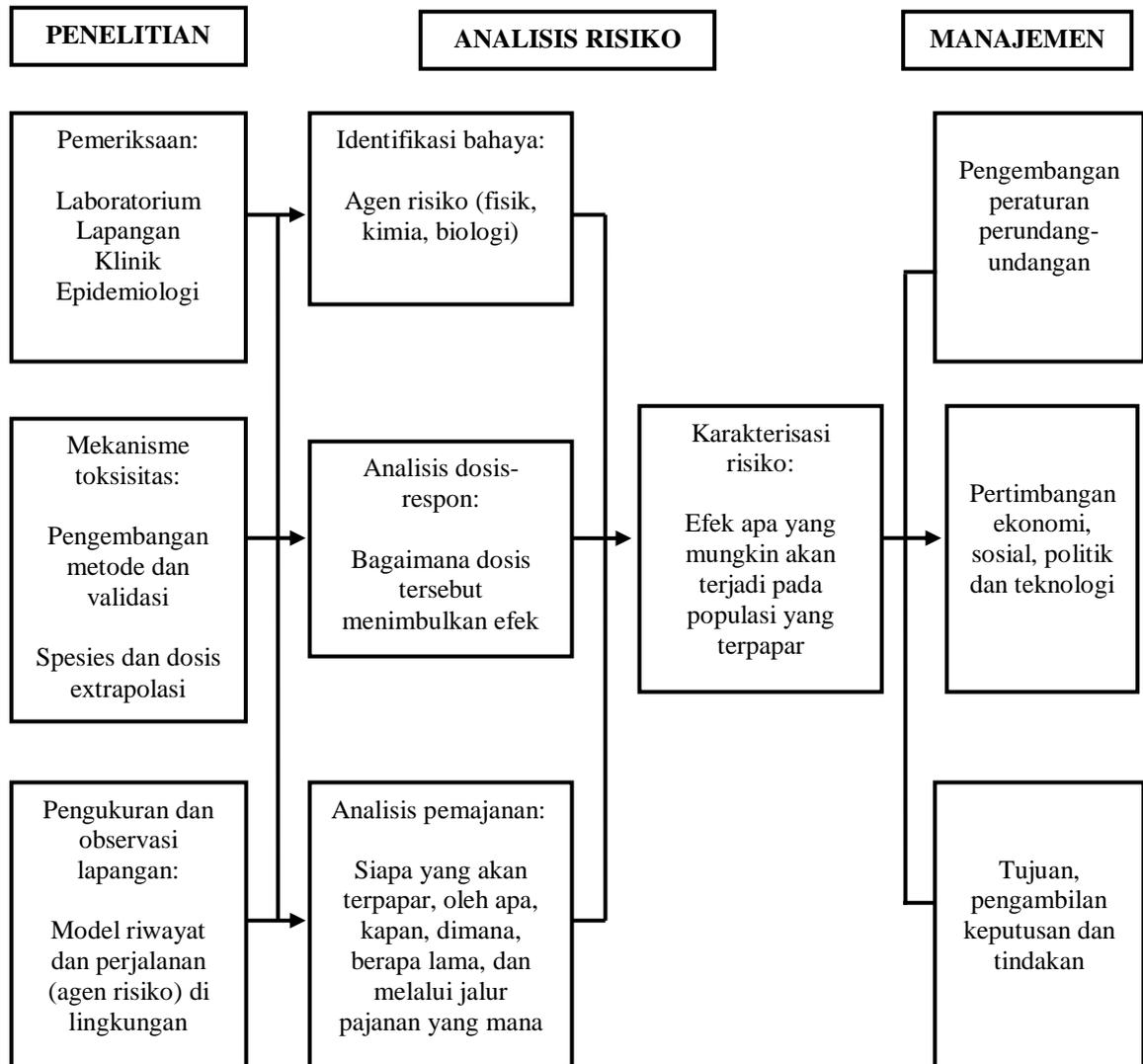
Analisis risiko digunakan untuk menilai atau menaksir risiko kesehatan manusia yang disebabkan oleh pajanan bahaya lingkungan. Bahaya lingkungan terdiri atas tiga *risk agent* yaitu *chemical agents* (bahan-bahan kimia), *physical agents* (energi radiasi dan gelombang elektromagnetik berbahaya) dan *biological agents* (makhluk hidup atau organisme). Analisis risiko bisa dilakukan untuk pemajanan yang telah lampau (*past expo-sure*), dengan efek yang merugikan sudah atau belum terjadi, bisa juga untuk studi prediksi risiko pemajanan yang akan datang (*future ex-posure*). Suatu *risk agent* sekalipun toksik, tidak akan berisiko bagi kesehatan jika tidak memajani dengan dosis dan waktu tertentu (Basri *et al.*, 2014).

Ada dua kemungkinan kajian ARKL yang dapat dilakukan, yaitu (NRC 1983) :

1. Evaluasi di atas meja (*desktop evaluation*) atau disebut ARKL Meja. ARKL meja dilakukan untuk menghitung estimasi risiko dengan segera tanpa harus mengumpulkan data dan informasi baru dari lapangan. Evaluasi di atas meja hanya membutuhkan konsentrasi *risk agent* dalam media lingkungan bermasalah, dosis referensi *risk agent* dan nilai default faktor-faktor antropometri pemajanan.
2. Kajian lapangan (*field study*) atau disebut ARKL Lengkap. ARKL Lengkap pada dasarnya sama dengan evaluasi di atas meja namun

didasarkan pada data lingkungan dan faktor-faktor pemajanan antropometri sebenarnya yang didapat dari lapangan, bukan dengan asumsi atau simulasi. Kajian ini membutuhkan data dan informasi tentang jalur pemajanan dan populasi berisiko.

Paradigma *risk analysis* untuk kesehatan masyarakat pertama kali dikemukakan tahun 1983 oleh *US National Academic of Science* untuk menilai risiko kanker oleh bahan kimia di dalam makanan. Menurut paradigma ini, analisis risiko terbagi dalam tiga langkah utama yaitu penelitian (*research*), analisis risiko (*risk assessment*) dan manajemen risiko (*risk management*). Analisis risiko selanjutnya dibagi menjadi identifikasi bahaya (*hazard identification*), analisis dosis respon (*dose response assessment*), analisis pemajanan (*exposure assessment*) dan karakteristik risiko (*risk characterization*).



Gambar 2.1. Paradigma Analisis Risiko
(NRC, 1983)

Menurut NRC (1983) ARKL terdiri dari empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pemajanan, dan karakterisasi risiko, namun terdapat tindak lanjut pelaksanaan langkah-langkah ARKL berupa manajemen dan komunikasi risiko. Adapun langkah-langkah ARKL tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut (Kemenkes, 2012):

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam identifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala-gejala gangguan kesehatan apa yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko sering ditemukan, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan serta gejala kesehatan apa yang potensial.

2. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon yaitu mencari nilai RfD, RfC atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia. Analisis dosis respon ini tidak harus dengan melakukan penelitian percobaan sendiri namun cukup dengan merujuk pada literatur yang tersedia. Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk :

- a. Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia.
- b. Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.

- c. Mengetahui dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) dari agen risiko tersebut. RfD dan RfC adalah nilai yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko, sedangkan SF adalah referensi untuk nilai yang aman pada efek karsinogenik.

Nilai RfD, RfC, dan SF merupakan hasil penelitian dari berbagai sumber baik yang dilakukan langsung pada objek manusia maupun merupakan ekstrapolasi dari hewan percobaan ke manusia. Satuan dosis referensi (RfD) dinyatakan sebagai miligram (mg) zat per kilogram (kg) berat badan per hari, disingkat mg/kg/hari. Satuan konsentrasi referensi (RfC) dinyatakan sebagai miligram (mg) zat per meter kubik (m³) udara, disingkat mg/m³. Konsentrasi referensi ini dinormalisasikan menjadi satuan mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dan berat badan yang bersangkutan.

3. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan yaitu mengukur atau menghitung *intake* atau asupan dari suatu 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

Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam persamaan berikut (ATSDR, 2005):

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

Keterangan:

- I : *Intake* (mg/kg/hari)
- C : Konsentrasi agen risiko, mg/m³ untuk medium udara
- R : Laju inhalasi (m³/jam)
- t_E : Waktu pajanan (jam/hari)
- f_E : Frekuensi pajanan (hari/tahun)
- D_t : Durasi pajanan, tahun (*realtime* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default* residensial)
- W_b : Berat badan (kg)
- t_{avg} : Periode waktu rata-rata (30 × 365 hari/tahun untuk zat non karsinogen, 70 tahun × 365 hari/tahun untuk zat karsinogen)

Waktu pajanan (t_E) harus diperoleh dengan cara menanyakan berapa lama kebiasaan responden sehari-hari berada diluar rumah. Frekuensi pajanan (f_E) kebiasaan yang dilakukan setiap tahun, meninggalkan tempat bermukim seperti pulang kampung dan rekreasi. Durasi pajanan (D_t) adalah mengetahui waktu sesungguhnya responden berada di tempat bermukim sampai kegiatan survei dilakukan. Bobot

waktu rata-rata (t_{avg}) berbeda untuk asupan karsinogenik dan non-karsinogenik.

4. Karakteristik Risiko

Langkah ARKL yang terakhir adalah karakteristik 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 atau membagi *intake* dengan dosis atau konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan konsentrasi referensi (*RfC*)

Karakteristik risiko dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ) untuk efek-efek non karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$, sedangkan jika $RQ \leq 1$ risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak lebih dari satu. RQ dihitung dengan membagi asupan non karsinogenik (I_{nk}) agen risiko dengan *RfD* atau *RfC* menurut persamaan dibawah ini (ATSDR, 2005):

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfC}$$

Keterangan:

RQ : *Risk Quotient*

I_{nk} : *Intake non karsinogenik*

RfC : *Reference Concentration*

Adapun untuk menghitung nilai THQ digunakan rumus berikut dibawah ini:

$$THQ = \frac{f_E \times Dt \times R \times C}{RfC \times Wb \times T_{avg}} \times 10^{-3}$$

Keterangan:

THQ : *Target Hazard Quotient*

f_E : Frekuensi pajanan

Dt : Durasi pajanan

R : Laju inhalasi

C : Konsentrasi PM_{10}

RfC : *Reference Concentration*

Wb : Berat badan

T_{avg} : Periode waktu rata-rata

Estimasi THQ adalah indeks risiko yang terkait dengan paparan jangka panjang terhadap bahan toksik berdasarkan referensi batas atas yang aman. Kriteria hasil penilaian THQ adalah sebagai berikut:

(a) Jika $THQ \leq 1$ berarti tidak ada resiko

(b) Jika $THQ > 1$ berarti ada resiko

Pengukuran THQ, variabel yang dibutuhkan memiliki kesamaan dengan variabel yang digunakan dalam rumus perhitungan *Intake*.

Sehingga ketika kita melakukan perhitungan *intake* dan RQ, kita juga sekaligus dapat menghitung berapa nilai THQ paparan suatu zat terhadap seseorang. Dalam THQ, digunakan istilah *permitted concentration* atau nilai yang dapat ditoleransi yaitu 1. Ketika nilainya >1 maka dapat dikatakan orang tersebut berisiko untuk mendapati gangguan kesehatan (Prasetyo dkk, 2020).

5. Manajemen Risiko

Setelah melakukan keempat langkah ARKL, maka telah dapat diketahui apakah suatu agen risiko aman atau dapat diterima atau tidak. Manajemen risiko bukan termasuk langkah ARKL melainkan tindak lanjut yang harus dilakukan apabila hasil dari karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun *unacceptable*.

Pengelolaan risiko perlu dibedakan antara strategi pengelolaan risiko dengan cara pengelolaan risiko. Strategi pengelolaan risiko meliputi penentuan batas aman yaitu konsentrasi agen risiko (C), jumlah konsumsi (R), waktu pajanan (tE), frekuensi pajanan (fE), durasi pajanan (Dt). 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.

6. Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko dilakukan untuk menyampaikan informasi risiko pada masyarakat (populasi yang berisiko), pemerintah, dan pihak yang

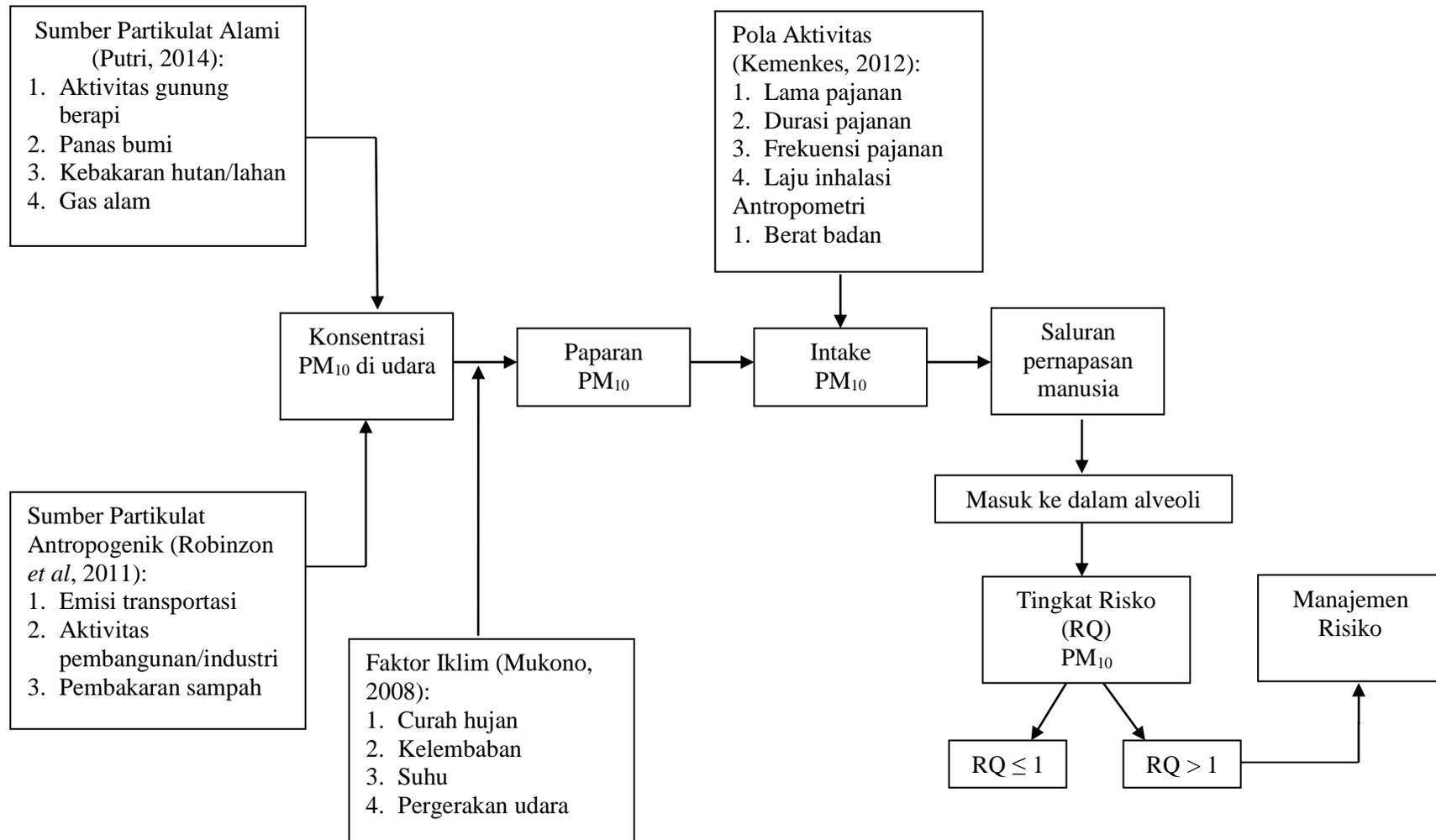
berkepentingan lainnya. Komunikasi risiko merupakan tindak lanjut dari pelaksanaan ARKL dan merupakan tanggung jawab dari pemrakarsa atau pihak yang menyebabkan terjadinya risiko. Bahasa yang digunakan haruslah bahasa umum dan mudah dipahami, serta memuat seluruh informasi yang dibutuhkan tanpa ada yang ditutup-tutupi. Komunikasi risiko dapat dilakukan dengan teknik atau metode ceramah ataupun diskusi interaktif, dengan menggunakan media komunikasi yang ada seperti media massa, televisi, radio, ataupun penyajian dalam format pemetaan menggunakan *geographical information system (GIS)*.

D. Kerangka Teori

Kerangka teori dalam penelitian ini disusun berdasarkan teori dari tinjauan pustaka yang telah dibahas sebelumnya. PM_{10} di udara dihasilkan dari dua sumber yaitu berasal dari sumber partikulat alami dan sumber partikulat antropogenik. Sumber partikulat alami dapat berasal dari batuan, pasir dan tanah, sedangkan sumber partikulat antropogenik berasal dari emisi transportasi, pembakaran sampah serta aktivitas pembangunan di lingkungan bandara. Selain dua sumber tersebut, faktor iklim seperti curah hujan, kelembaban, suhu dan kecepatan angin juga berpengaruh terhadap konsentrasi PM_{10} di udara.

Intake dari PM_{10} dapat diperoleh dari pengukuran berat badan, lama pajanan, durasi pajanan, frekuensi pajanan dan laju inhalasi. Hasil dari perhitungan *intake*, jika melebihi nilai ambang batas PM_{10} yang telah ditetapkan akan menyebabkan gangguan terhadap saluran pernapasan, dan

apabila nilai RQ yang dihasilkan lebih dari 1 konsentrasi PM_{10} yang telah diperoleh tidak aman untuk dihirup oleh pekerja, oleh karena itu diperlukan manajemen risiko. Secara lebih lengkap digambarkan pada kerangka teori berikut ini:



Gambar 2.2
Kerangka Teori

BAB III

KERANGKA KONSEP

A. Dasar Pemikiran Variabel yang diteliti

Kegiatan pembangunan berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi, tetapi juga berdampak negatif besar bagi kesehatan dan lingkungan. Dampak negatif yang diakibatkan adalah adanya emisi partikulat di udara yang dihasilkan selama proses pembangunan, salah satu partikulat yang dihasilkan adalah *particulate matter* yang berukuran kurang atau sama dengan 10 μm . Kegiatan pembangunan akan mengeluarkan sisa-sisa proses dalam bentuk zat-zat dan limbah dengan karakteristik tertentu yang menjadi agen polutan lingkungan. Agen-agen polutan ini dapat masuk ke media lingkungan seperti udara, air, tanah atau makanan.

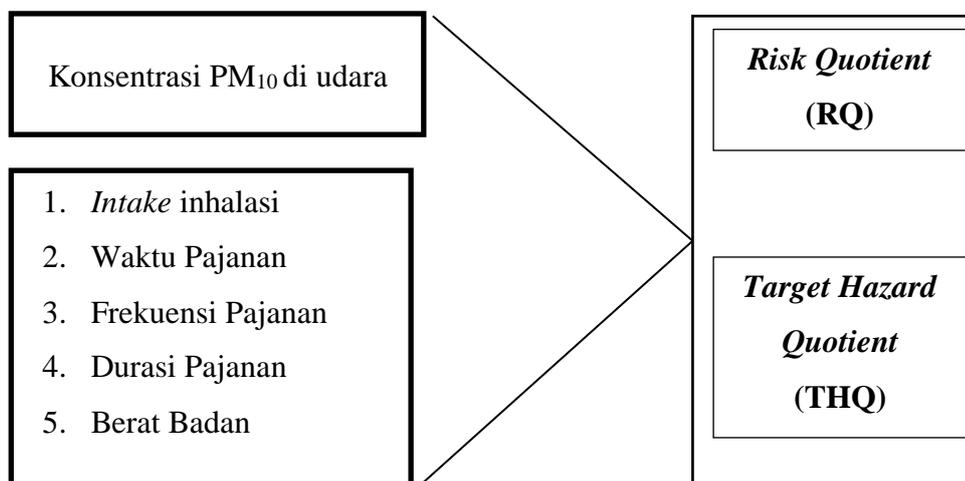
Dampak paparan PM_{10} terhadap kesehatan dalam waktu singkat menurut WHO dapat memengaruhi reaksi radang paru-paru, ISPA (infeksi saluran pernapasan akut), gangguan pada sistem kardiovaskuler, bahkan kematian. Sementara dampak jangka panjang PM_{10} dapat meningkatkan gejala gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru pada anak-anak, peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa, penurunan rata-rata tingkat harapan hidup terutama kematian yang diakibatkan oleh penyakit cardiopulmonary dan probabilitas kejadian kanker paru-paru.

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan prediksi besarnya risiko kesehatan pajanan

particulate matter pada pekerja akibat proyek perluasan terminal di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin. ARKL dilakukan dengan empat tahapan yaitu identifikasi bahaya (konsentrasi, sumber, dan risiko kesehatan), analisis dosis-respon (nilai RfC *risk agent*), analisis pajanan untuk mengetahui karakteristik responden (berat badan, laju inhalasi), pola aktivitas (waktu pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan), dan penilaian besar risiko (RQ) serta THQ.

B. Kerangka Konsep

Berdasarkan dasar pemikiran variabel maka kerangka konsep penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3
Kerangka Konsep

Keterangan:

= Variabel dependen

= Variabel independen

C. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah uraian tentang batasan-batasan variabel yang dimaksud atau mengenai apa yang diukur dari variabel yang bersangkutan.

Berikut adalah definisi operasional dari penelitian ini:

Tabel 3.1. Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran	Skala
1.	Konsentrasi PM ₁₀ di udara	Banyaknya kandungan PM ₁₀ pada udara 7 titik di lingkungan bandara	Uji Laboratorium	Rasio
2.	Waktu Paparan (tE)	Lamanya pekerja bekerja dalam setiap hari (jam/hari)	Wawancara	Rasio
3.	Frekuensi Paparan (fE)	Jumlah hari pekerja bekerja dalam setahun (hari/tahun)	Wawancara	Rasio
4.	Durasi Paparan	Jumlah tahun pekerja bekerja (tahun)	Wawancara	Rasio
5.	Berat Badan	Berat badan pekerja (kg)	Observasi (penimbangan)	Rasio
6.	<i>Intake</i> Inhalasi	Jumlah konsentrasi PM ₁₀ yang masuk ke dalam tubuh pekerja dengan berat badan tertentu setiap harinya (mg/kg/hari)	Perhitungan	Rasio
7.	<i>Risk Quotient</i> (RQ)	RQ ≤ 1 : aman RQ > 1 : tidak aman	Perhitungan	Numerik
8.	<i>Target Hazard Quotient</i> (THQ)	THQ ≤ 1 : tidak memiliki potensi risiko kesehatan THQ > 1 : memiliki potensi risiko kesehatan	Perhitungan	Numerik