

SKRIPSI

**ANALISIS RISIKO GANGGUAN SALURAN PERNAPASAN
AKIBAT PAJANAN $PM_{2.5}$ PADA PEKERJA BATU AKIK
DI PASAR PALAPA KOTA PEKANBARU
TAHUN 2025**

*Ditajukan ke Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Kementerian
Poltekkes Padang Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan*



**AZRA PUTRI SURYENNI
211210522**

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

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi "Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2.5}$ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025"

Diusun oleh:

NAMA : Arta Putri Suryanti

NIM : 211210522

Telah disetujui oleh pembimbing pada tanggal:

08 Juli 2025

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Burhan Muslim, SKM, M.Si
NIP.196101131986031002



Afridon, ST, M.Si
NIP.19790910200701016

Padang, 28 Juli 2025
Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan



Dr. Widi, SKM, M.Epid
NIP.198009142006041012

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

"ANALISIS RISIKO GANGGUAN SALURAN PERNAPASAN AKIBAT PAJANAN PM_{10} PADA PEKERJA BATU AKIK DI PASAR PALAPA KOTA PEKANBARU TAHUN 2025"

Dibuat Oleh
AZRA PUTRI SURYENNI
211210522

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

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Ketua,

Lindawati, SKM, M.kes

NIP. 197506132000122002

Anggota,

R. Firwardi Maris, SKM, M.kes

NIP. 196506041989031009

Anggota,

Dr. Buchan Maslim, SKM, M.Si

NIP. 196101131986031002

Anggota,

Afrida, ST, M.Si

NIP. 19790910200701016

Padang, 28 Juli 2025

Ketua Prodi Sarjana Terapan Sanitasi
Lingkungan

Harwel, SKM, M.Epid

NIP. 198009142006041012

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

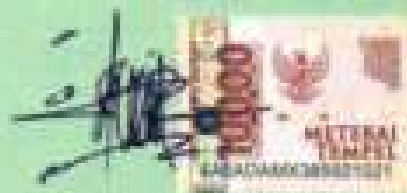
Nama Lengkap : Azra Putri Suryenni
NIM : 211210522
Tempat/Tanggal Lahir : Amping Parak/ 16 November 2002
Tahun Masuk : 2021
Nama PA : Evino Sugriarta, SKM, M.Kes
Pembimbing Utama : Dr. Burhan Muslim, SKM, M.Si
Pembimbing Pendamping : Afridon, ST, M.Si

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan hasil Karya Ilmiah saya, yang berjudul "Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2.5}$ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru 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, 28 Juli 2025
Yang menyatakan



(Azra Putri Suryenni)
NIM 211210522

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Azra Putri Suryenni

Nim : 211210322

Tanda Tangan :



Tanggal : 28 Juli 2025

HALAMAN PENYERAHAN SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Lengkap	: Azra Putri Suryenni
NIM	: 211210522
Program Studi	: Sarjana Teknik Sanitasi Lingkungan
Jurusan	: Kesehatan Lingkungan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Kemenkes Poltekkes Padang Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas Skripsi saya yang berjudul :

Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2.5}$ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif 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 28 Juli 2025
Yang menyatakan,

(Azra Putri Suryenni)
NIM 211210522

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan pada Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang. Skripsi ini terwujud atas bimbingan dan pengarahan dari Dr. Burhan Muslim, SKM, M.Si selaku pembimbing utama dan Afridon, ST, M.Si selaku pembimbing pendamping serta bantuan dari berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Renidayati, S.kp, M.Kep, Sp.Jiwa selaku Direktur Kemenkes Poltekkes Padang.
2. Dr. Muchsin Riviwanto, SKM, M.Si selaku Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Poltekkes Padang
3. Darwel, SKM, M.Epid selaku Ketua Program Studi Kemenkes Poltekkes Padang
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
5. Sahabat yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Padang, Juli 2025

AZRA PUTRI SURYENNI

Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Skripsi Juli 2025

AZRA PUTRI SURYENNI

Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

ABSTRAK

Particulate matter 2,5 ($PM_{2,5}$) adalah partikel dengan diameter aerodinamik lebih kecil dari 2,5 μm . Paparan debu batu akik, terutama yang mengandung silika, dan partikel $PM_{2,5}$ dapat menimbulkan risiko kesehatan serius bagi para pengrajin. Kegiatan pemotongan dan pengasahan batu akik menimbulkan debu yang bisa menyebabkan masalah pernapasan jangka panjang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Pengrajin Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Populasi penelitian ini ada 15 pekerja. Sampel penelitian ini sampel udara $PM_{2,5}$ dan sampel pekerja. Identifikasi bahaya yang ditemukan pada titik tengah pasar dimana lebih banyak aktivitas pemotongan dan batu dan pengasahan batu akik.

Konsentrasi $PM_{2,5}$ 3 titik sampling yaitu titik depan pasar 40,5 $\mu g/m^3$, titik tengah pasar 67,8 $\mu g/m^3$, titik belakang 11,2 $\mu g/m^3$. Analisis paparan tertinggi intake realtime dan intake lifetime tertinggi berada pada lokasi sampling di titik tengah pasar batu akik di pasar Palapa dimana sebesar 0,0020426194 mg/kg/hari dan 0,0074971539 mg/kg/hari. Intake realtime dan intake lifetime terendah sebesar 0,0001265339 mg/kg/hari dan 0,0006643032 mg/kg/hari yang berada pada lokasi sampling titik belakang pasar batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru. Karakterisasi risiko 1 pekerja $RQ > 1$ memiliki risiko pada masa kerja realtime dan 6 pekerja $RQ > 1$ memiliki risiko lifetime dengan proyeksi 30 tahun.

Diharapkan agar pekerja lebih waspada terhadap bahaya paparan $PM_{2,5}$ yang dapat beresiko terhadap kesehatan pernapasan di tempat kerja. Para pekerja harus dengan rutin menggunakan alat pelindung diri seperti masker yang sesuai standar SNI selama bekerja.

xiii + 49 Halaman, 6 Tabel, 3 gambar, 4 lampiran

Daftar pustaka : 28 (2012-2024)

Kata Kunci : Analisis Risiko, $PM_{2,5}$, Batu Akik, Gangguan Pernapasan

Undergraduate Program Applied Environmental Sanitation, Thesis July 2025

AZRA PUTRI SURYENNI

Risk Analysis of Respiratory Tract Disorders Due to Exposure to PM_{2.5} in Gemstone Workers at Palapa Market, Pekanbaru City in 2025

ABSTRACT

Particulate matter 2.5 (PM_{2.5}) is a particle with an aerodynamic diameter of less than 2.5 μm . Exposure to agate dust, especially those containing silica, dust containing PM_{2.5} can pose serious health risks to craftsmen. The activities of cutting and sharpening agate stones produce dust that can cause long-term respiratory problems. The purpose of this study was to determine the Analysis of the Risk of Respiratory Tract Disorders Due to Exposure to PM_{2.5} in Agate Craftsmen Workers at the Palapa Market in Pekanbaru City in 2025.

This type of research is quantitative research using the environmental health risk analysis (ARKL) approach. The sample of this study was 15 workers. Identification of hazards found at the midpoint of the market where there are more cutting and stone and agate sharpening activities.

Front point of the market 40.5 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, the middle point of the market 67.8 $\mu\text{g} / \text{m}^3$, the back point 11.2 $\mu\text{g} / \text{m}^3$. The highest exposure analysis of real-time intake and the highest lifetime intake is at the sampling location at the midpoint of the agate market in the Palapa market which is 0.0020426194 mg / kg / day and 0.0074971539 mg / kg / day. The lowest real-time intake and lifetime intake are 0.0001265339 mg / kg / day and 0.0006643032 mg / kg / day which are at the sampling location at the back point of the agate market in the Palapa Market, Pekanbaru City. Risk characterization 1 worker $RQ > 1$ has a risk during real-time work and 6 workers $RQ > 1$ have a lifetime risk with a projection of 30 years.

It is expected that workers will be more aware of the dangers of PM_{2.5} exposure that can be risky for respiratory health in the workplace. Workers must routinely use personal protective equipment such as masks that meet SNI standards while working..

xiii + 49 pages, 6 tables, 3 pictures, 4 attachments

Bibliography : 28 (2012-2024)

Keywords : Analysis, Risk, PM_{2.5}, Batu Akik, Respiratory Disorders

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	v
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pengertian Batu Akik	6
B. Debu Lingkungan Kerja	6
C. Alat Pelindung Diri	10
D. Gangguan pernapasan	13
E. Particulate Matter 2,5 (PM _{2,5}).....	17
F. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	18
G. Kerangka Teori	25
H. Alur Pikir	26
I. Definisi Operasional	27
BAB III METODE PENELITIAN	28
A. Jenis Penelitian	28
B. Waktu Dan Tempat	28
C. Populasi Dan Sampel	28
D. Teknik Dan Alat Pengumpulan Data	29
E. Instrumen Penelitian	29
F. Teknik Pengolahan Data	29
G. Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	32
B. Hasil	33
C. Pembahasan	39
D. Pengendalian Risiko.....	44
E. Komunikasi Risiko.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 .Kerangka Teori.....	25
Gambar 2.2 Alur Pikir.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Definisi Operasional.....	27
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Konsentrasi PM _{2,5} Di Pasar Batu Akik Palapa Pekanbaru Tahun 2025.....	33
Tabel 4.2	Karakteristik Antropometri para pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.....	35
Tabel 4.3	Intake Realtime dan Intake Lifetime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.....	36
Tabel 4.4	Karakteristik Risiko PM _{2,5} Paparan Realtime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.....	37
Tabel 4.5	Karakteristik Risiko PM _{2,5} Paparan Lifetime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Master Tabel
- Lampiran 2 : Hitungan Pajanan
- Lampiran 3 : Kuesioner Penelitian
- Lampiran 4 : Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan sektor industri, baik formal maupun informal, membawa dampak pada meningkatnya potensi bahaya yang dihadapi oleh para pekerja. Aktivitas produksi di sektor informal, yang sering kali dilakukan secara manual atau tradisional, turut menyumbang terhadap risiko tersebut. Perkembangan dunia industri dan teknologi memberikan dampak signifikan terhadap aspek kesehatan, terutama karena pencemaran udara yang dapat terjadi baik di dalam maupun di luar area kerja. Kondisi ini dapat memengaruhi sistem pernapasan para pekerja. Berbagai gangguan saluran pernapasan hingga penyakit paru dapat disebabkan oleh paparan debu, gas, maupun asap yang berasal dari proses produksi industri. Salah satu aktivitas masyarakat yang terpengaruh adalah kerajinan batu akik. Para perajin batu akik memiliki tingkat risiko tinggi terhadap kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan, khususnya yang berkaitan dengan sistem pernapasan. Partikel debu yang muncul selama proses pemotongan dan penghalusan batu dihasilkan partikel-partikel halus yang bertebaran di udara. Apabila partikel ini terhirup secara terus menerus tanpa penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tepat dapat berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada sistem pernapasan.¹

Paparan debu dari proses kerja batu akik, terutama yang mengandung partikel halus seperti silika dan PM_{2,5}, dapat menimbulkan risiko kesehatan serius bagi para pekerja. Paparan yang terus-menerus terhadap debu silika melalui pernapasan dapat memicu timbulnya berbagai gangguan paru-paru, seperti silikosis, ISPA, dan gangguan pernapasan lainnya yang ditandai oleh terbentuknya jaringan parut di paru serta penurunan fungsi paru. Selain itu, paparan ini juga dapat memperbesar kemungkinan terkena penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dan gangguan pernapasan lainnya.² Kondisi lapangan menunjukkan sebagian besar pekerja belum bekerja sesuai dengan ketentuan yang benar. Tempat kerja tidak memiliki pengendalian debu yang baik, sehingga kualitas udara menjadi buruk. Kurangnya kesadaran terhadap pentingnya perlindungan diri dalam bekerja juga memperburuk

situasi di tempat kerja. Hal ini menempatkan para pekerja dalam posisi yang sangat rentan terhadap gangguan kesehatan.

Penelitian tentang dampak pajanan $PM_{2,5}$ terhadap kesehatan pekerja batu akik masih terbatas, terutama di sektor informal seperti pasar. Namun, beberapa riset dari industri sejenis menunjukkan bahwa paparan partikel halus ini berkaitan erat dengan peningkatan gangguan pernapasan. Sebagai contoh, penelitian di tambang batu kapur PT. X di Kabupaten Lima Puluh Kota menemukan bahwa kadar $PM_{2,5}$ mencapai $0,1151 \text{ mg/m}^3$, yang dapat menyebabkan gangguan non-kanker seperti asma, ISPA, dan bronkitis.³ Studi lain di Desa Ketewel, Gianyar, Bali, melaporkan bahwa 56,67% pekerja batu paras mengalami penurunan kapasitas paru yang signifikan akibat paparan debu. Oleh karena itu, kerja sama dengan pihak K3 dalam penyuluhan bahaya debu sangat dianjurkan..⁴ Sementara itu, penelitian di Desa Kaloran, Kabupaten Nganjuk menunjukkan bahwa warga yang tinggal di sekitar area pembakaran batu bata juga mengalami risiko gangguan kesehatan akibat paparan polutan, termasuk $PM_{2,5}$. Dampaknya bisa berupa ISPA, kanker paru, penyakit jantung, hingga kematian dini.⁵

Riset terdahulu oleh Nahdiati Marwi (2017) yang dilakukan di Jalan Imam Bonjol, Kota Padang, menyatakan bahwa proses pengasahan merupakan sumber debu paling potensial, dan sebanyak 79,4% pekerja mengalami gejala gangguan pernapasan. Oleh karena itu, penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti masker menjadi sangat penting. Penelitian lain menunjukkan bahwa paparan debu total yang melebihi 3 mg/m^3 dapat mengganggu fungsi paru. Dari 10 penelitian, 52% pekerja dengan paparan tinggi mengalami gangguan tersebut.⁶

Penelitian di Pasar Dargo Baru, Semarang, juga meneliti perilaku kerja yang tidak aman, seperti penggunaan APD yang tidak sesuai, posisi kerja yang salah, hingga kebiasaan merokok di tempat kerja. Hal ini semakin memperkuat fakta bahwa lingkungan kerja pengrajin batu akik sangat berisiko terhadap gangguan pernapasan akibat partikel $PM_{2,5}$.⁷ Penelitian ini menunjukkan bahwa paparan $PM_{2,5}$ di lingkungan kerja industri batu dapat meningkatkan risiko gangguan saluran pernapasan. Secara keseluruhan, data dari berbagai studi menunjukkan bahwa pengrajin batu akik memiliki risiko tinggi terhadap gangguan

kesehatan pernapasan, baik ringan hingga berat. Paparan terus-menerus terhadap debu silika dan $PM_{2,5}$ dalam jumlah besar dapat memicu kondisi seperti silikosis dan gangguan fungsi paru yang serius.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas pekerja batu akik sangat berisiko terkena gangguan kesehatan, seperti gangguan pernapasan juga gangguan kesehatan lainnya. Gangguan kesehatan yang berisiko sering dialami pengrajin batu akik meliputi Penyakit pernapasan akibat paparan debu silika, atau $PM_{2,5}$ yang dapat menyebabkan pneumokoniosis atau silikosis. Kadar partikel debu pada pengrajin batu akik berisiko terhadap gangguan saluran pernafasan, mulai dari gangguan ringan sampai gangguan saluran pernapasan berat. Paparan debu di industri batu akik yang berat dapat mengakibatkan gangguan saluran pernapasan, yang berpotensi membahayakan kesehatan pekerja batu akik.

Dari data yang berhasil penulis dapatkan dari Profil Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru tahun 2024 penyakit pernapasan yang tercatat yaitu penyakit pneumonia dan TBC. Puskesmas yang terdekat dari pasar Palapa Kota Pekanbaru adalah Puskesmas Langsung Kecamatan Sukajadi Kota Pekanbaru dimana jumlah penderita penyakit pneumonia 207 orang, laki-laki 118 orang dan perempuan 89 orang. Jumlah penderita penyakit TBC 31 orang, laki-laki 20 orang dengan persentase 64,5% dan perempuan 11 orang dengan persentase 35,5%. Dengan memahami bahaya paparan $PM_{2,5}$ dan dampaknya terhadap kesehatan pekerja batu akik, diperlukan upaya pencegahan dan pengendalian yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan data yang relevan dalam mendukung kebijakan keselamatan kerja di lingkungan Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Pengrajin Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Pengrajin Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.

2. Tujuan Khusus

- a. Diketahui identifikasi bahaya $PM_{2,5}$ pada Pekerja Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.
- b. Diketahui analisis dosis-respon $PM_{2,5}$ pada Pekerja Batu Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.
- c. Diketahui analisis paparan $PM_{2,5}$ pada Pekerja Batu Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.
- d. Diketahui analisis Karakterisasi risiko $PM_{2,5}$ pada Pekerja Batu Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.
- e. Diketahui pengelolaan dan komunikasi risiko $PM_{2,5}$ pada Pekerja Batu Akik apabila $RQ > 1$.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Meningkatkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan terutama bidang kesehatan lingkungan khususnya mengenai Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan akibat paparan $PM_{2,5}$ pada pekerja pengrajin batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Memberikan pengalaman dalam penerapan ilmu dan memperluas wawasan di bidang kesehatan lingkungan tentang analisis risiko kesehatan lingkungan serta dapat mengembangkan pola pikir dalam menentukan pengendalian terkait permasalahan lingkungan.

b. Bagi Pihak Industri

Diharapkan penelitian ini dapat menjadi sumber informasi mengenai gambaran tingkat konsentrasi $PM_{2,5}$ dan menjadi tolak ukur dalam penanganan debu $PM_{2,5}$ yang beresiko bagi pengrajin.

c. Bagi Institusi

Penelitian ini Dapat digunakan sebagai referensi tambahan dalam pengembangan materi tentang kesehatan lingkungan, khususnya terkait analisis risiko Kesehatan Lingkungan.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini mencakup Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Akibat Paparan $PM_{2,5}$ Pada Pekerja Pengrajin Batu Akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Batu Akik

Batu akik adalah batu-batuan alam yang berasal dari alam, yang berumur ribuan sampai jutaan tahun dan telah mengalami berbagai kondisi atau telah melewati seleksi alam untuk menjadi sebuah suatu batu mulia. Batu akik ini ada bermacam-macam ada yang tembus cahaya dan ada juga yang tidak tembus cahaya tetapi memiliki warna, corak gambar atau bentuk lain yang lain yang indah dilihat. Batu akik ini sudah menjadi tren di seluruh dunia tak terkecuali di Indonesia, dan setiap negara memiliki corak dan keistimewaannya masing-masing.²

Batu Akik adalah sebuah mineral atau batu yang terbentuk secara alami dari hasil prosedur geologi yang unsurnya terdiri atas satu ataupun beberapa komponen kimiawi yang memiliki harga jual yang amat tinggi. Batu akik terbuat dari pengkristalan zat mineral dalam kurun waktu yang amat lama, bisa mencapai jutaan tahun lamanya, yang kemudian kristal ini berubah menjadi batu akik.⁸

B. Debu Lingkungan Kerja

1. Pengertian Debu

Debu merupakan partikel padat yang ditimbulkan akibat dari proses alam maupun hasil dari proses mekanis seperti pemotongan (*cutting*), pukulan, pemecahan (*breaking*), penghancuran (*crushing*), peledakan, penghalusan (*grindling*), penggilingan (*drilling*), pengayakan (*shaking*), pengepakan, pengemasan, pengantongan dan lainnya yang timbul dari benda atau bahan baik organik maupun anorganik.⁹

Partikulat debu merupakan salah satu polutan yang sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*suspended particulate matter/spm*) dengan ukuran 1 mikron sampai 500 mikron. Dalam kasus pencemaran udara baik dalam maupun di ruang gedung (*indoor dan outdoor pollution*) debu sering dijadikan salah satu indikator pencemaran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat bahaya baik terhadap lingkungan maupun terhadap kesehatan penghuni rumah atau pekerja. Partikel debu akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam

keadaan melayang-layang di udara kemudian masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan. Selain dapat membahayakan terhadap kesehatan juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan dapat mengadakan berbagai reaksi kimia sehingga komposisi debu di udara menjadi partikel yang sangat rumit karena merupakan campuran dari berbagai bahan dengan ukuran dan bentuk yang relatif berbeda.¹⁰

Debu merupakan partikel solid yang berukuran antara 100 mikron hingga kurang dari 1 mikron. Debu didefinisikan sebagai suatu sistem dispersi (aerosol) yang beragam dari partikel padat dengan range ukuran mikron dan dihasilkan secara mekanik seperti crushing (penghancuran), handling (penghalusan), grinding (penggerindaan), penyusutan, atau peledakan dari bahan organik dan non organik seperti biji besi, batu, batu bara, biji-bijian, dsb.¹⁰

2. Jenis-jenis debu

Berdasarkan proses pembentukannya, partikel dapat terbentuk secara tidak sengaja yang termasuk dalam kategori ultrafine particle. Sedangkan partikel yang terbentuk secara sengaja melalui proses manufaktur termasuk ke dalam kategori Nanoparticle (*Engineered Nanoparticle*). Sedangkan berdasarkan organ deposit di dalam tubuh manusia, partikel debu dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

a) Partikel Inhalable

Partikel debu inhalable merupakan partikel-partikel debu yang dapat terhirup ke dalam mulut atau hidung serta berbahaya jika tertimbun di manapun dalam saluran pernapasan. Diameter partikel yang termasuk ke dalam kategori partikel inhalable adalah partikel yang berukuran $<100 \mu\text{m}$.

b) Partikel *Thoracic*

Partikel debu *thoracic* merupakan partikel-partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernapasan atas dan masuk ke dalam saluran udara di paru-paru. Partikel thoracic merupakan debu yang memiliki diameter $< 10 \mu\text{m}$.

c) Partikel Respirable

Partikel debu respirable adalah partikel "*airborne*" yang dapat terhirup dan dapat mencapai daerah bronchiale sampai dengan alveoli. Partikel debu jenis ini dapat berbahaya jika tertimbun di dalam alveoli yang merupakan daerah pertukaran gas di dalam sistem pernapasan. Ukuran partikel debu yang termasuk kedalam jenis partikel respirable adalah $< 4 \mu\text{m}$.¹⁰

3. Macam-macam Debu

Menurut macamnya, debu diklasifikasikan atas 3 jenis yaitu:

- a) Debu organik, debu organik merupakan debu yang berasal dari makhluk hidup.
- b) Debu metal, adalah debu yang didalamnya mengandung unsur- unsur logam seperti Pb, Hg, Cd, dan Arsen.
- c) Debu mineral, debu mineral adalah debu yang didalamnya mengandung senyawa kompleks.¹¹

Ditinjau dari segi karakter zatnya debu terdiri atas:

- 1) Debu fisik: debu tanah, batu, mineral, fiber.
- 2) Debu kimia: mineral organik dan anorganik
- 3) Debu biologis: virus, bakteri, kista
- 4) Debu radioaktif.¹²

4. Sifat-sifat Umum Debu

a) Sifat Pengendapan

Sifat pengendapan pada debu merupakan sifat yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan berat molekul debu yang cenderung tertarik turun ke permukaan tanah atau lantai. Namun jika bobotnya terlalu kecil, maka debu tersebut akan selalu melayang- layang di udara karena pengaruh komponen dan aliran udara sekitarnya. Dengan metode basah berat molekul debu dapat ditambah, sehingga debu dapat mengendap dan turun ke lantai atau tanah.

b) Sifat Higroskopis

Permukaan partikel debu selalu terbungkus lapisan air yang tipis (fenomena absorpsi) yang menyebabkan debu itu selalu basah. Sifat ini memberikan kemungkinan debu untuk berikatan dengan bahan kimia lain. Faktor ini sangat penting dalam upaya pengendalian dan penangkapan debu di udara.

c) Sifat Penggumpalan

Sifat higroskopis debu yang selalu basah juga menyebabkan debu mudah untuk berikatan atau menempel dengan yang lain, sehingga menyebabkan terjadinya penggumpalan. Proses penggumpalan tersebut akan meningkat karena adanya pengaruh turbulensi udara di sekitar debu dan tingkat humiditas yang melampaui titik saturasi. Oleh karena itu, debu dapat merupakan suatu inti dari suatu air yang terkonsentrasi dan menyebabkan partikel itu menjadi lebih besar.

d) Sifat Elektrostatik

Debu bersifat listrik statis sehingga memungkinkan debu untuk dapat menarik partikel lain yang bermuatan listrik berbeda. Dalam suatu lingkungan kerja, kontak antara partikel debu yang berbeda muatannya ini akan mempercepat proses penggumpalan dan pengendapan.

e) Sifat Optik

Debu juga memiliki sifat dapat memantulkan cahaya (fenomena tyndall). Sifat ini dapat terlihat dengan jelas jika seberkas sinar akan menimpa debu dalam suatu kamar gelap.¹⁰

5. Faktor Bahaya Debu Terhadap Sistem Pernafasan

Paparan debu yang masuk ke saluran pernapasan dalam jangka waktu yang lama berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia, khususnya pada saluran pernapasan. Bahaya paparan debu terhadap sistem pernapasan dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

a) Jenis Debu

Faktor utama yang mempengaruhi bahaya dari paparan debu adalah jenis debu. Bahaya debu berbeda-beda tergantung pada jenis debu.

b) Konsentrasi Debu

Konsentrasi debu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi bahaya debu terhadap sistem pernapasan. Semakin besar konsentrasi debu maka semakin besar kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan

c) Ukuran Partikel Debu

Ukuran partikel debu juga mempengaruhi bahaya dari paparan debu. Debu yang memiliki ukuran 5-10 μ dapat tertahan pada saluran pernapasan bagian atas. Debu dengan ukuran 3-5 μ akan tertahan pada saluran pernapasan bagian tengah yaitu pada trakea dan bronkiolus. Debu dengan ukuran 1-3 μ disebut debu respirabel dan paling berbahaya karena tertahan dan tertimbun mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli. Debu yang memiliki ukuran kurang dari 1 μ tidak mudah mengendap di alveoli karena debu dengan ukuran 0,1 0,5 μ akan berdifusi dengan gerakan brown keluar masuk alveoli, namun apabila membentur alveoli maka dapat tertimbun di alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah 5 μ , namun debu dengan ukuran 5-10 μ dengan kadar yang berbeda dapat masuk ke alveoli.

d) Durasi Paparan

Semakin lama durasi paparan debu maka akan semakin berbahaya dampak yang dapat ditimbulkan bagi kesehatan sistem pernapasan seseorang.¹³

C. Alat Pelindung Diri

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan suatu perangkat yang digunakan oleh pekerja demi melindungi dirinya dari potensi bahaya serta kecelakaan kerja yang kemungkinan dapat terjadi di tempat kerja. Penggunaan APD oleh pekerja saat

bekerja merupakan suatu upaya untuk menghindari paparan risiko bahaya di tempat kerja. Walaupun upaya ini berada pada tingkat pencegahan terakhir, namun penerapan alat pelindung diri ini sangat dianjurkan. Pemakaian APD berperan penting terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. Pemakaian APD memerlukan penyesuaian diri yang akan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan atau luka-luka dan juga mencegah penyakit akibat kerja yang akan diderita tenaga kerja beberapa tahun kemudian.¹⁴

Jenis Alat Pelindung Diri (APD), Berdasarkan fungsinya, jenis alat pelindung diri diatur dalam Pasal 3 ayat (1) dan (2) Permenaker No.8 tahun 2020 meliputi:

1. Pelindung Kepala, berfungsi melindungi kepala dari benturan benda keras yang meluncur dari atas, serta dapat melindungi dari paparan radiasi panas, percikan-percikan api, serta bahaya-bahaya lain yang dapat membahayakan area kepala. Jenis-jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (*safety helmet*), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut.
2. Pelindung mata dan muka, berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari masuknya debu ataupun partikel-partikel yang bisa mengakibatkan iritasi pada mata dan muka yang biasanya disebabkan aktivitas seperti pengelasan, pemotongan logam dan pekerjaan yang memungkinkan pekerja terkena panas, silau, ultraviolet atau radiasi. Jenis-jenis alat pelindung mata dan muka meliputi kacamata pengaman (*spectacles*), tameng muka (*face shield*), masker selam, dan kacamata pengaman yang terintegrasi (*full face mask*).
3. Pelindung telinga berfungsi untuk melindungi telinga dari kebisingan dan tekanan. Jenis alat pelindung telinga meliputi sumbat telinga (*ear plug*) dan penutup telinga (*ear muff*)
4. Pelindung pernapasan berfungsi melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat serta menyaring cemaran bahan kimia, mikroorganisme, partikel yang berupa debu, kabut (*aerosol*), uap, asam, dan sebagainya. Jenis-jenis alat pelindung pernapasan meliputi masker, respirator, katrit, kanister, dan lain-lain.

5. Pelindung tangan, berfungsi melindungi tangan dan jari tangan dari benturan, pukulan, goresan bahan kimia, suhu panas dan dingin, dan arus listrik. Biasanya alat pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari bahan logam, kulit, kain kanvas, dan kain yang menggunakan bahan pelapis misalnya karet yang berguna untuk melindungi tangan dari bahan kimia.
6. Pelindung kaki, berfungsi melindungi kaki dari timpahan atau benturan benda berat, menghindari tusukan benda tajam, cipratan cairan panas atau dingin, dan bahan kimia lainnya
7. Pakaian pelindung, berfungsi melindungi badan dari bahaya temperatur suhu yang ekstrim, selain itu melindungi benturan dengan mesin, dan radiasi. Jenis-jenis pakaian pelindung terdiri atas rompi (*vests*), celemek (*apron/coveralls*), dan jaket.
8. Alat pelindung jatuh perorangan, berfungsi membatasi pergerakan pekerja agar tidak masuk ke area yang memiliki resiko jatuh selain itu menjaga pekerja agar aman pada posisi kerja yang diinginkan seperti posisi dalam keadaan miring maupun keadaan tergantung dan menahan agar pekerja tidak terjatuh dan membentur lantai dasar. Jenis-jenis alat pelindung jatuh perorangan meliputi dari sabuk pengaman tubuh (*harness*), tali koneksi (*lanyard*) tali pengaman (*safety rope*) alat penjepit tali (*rope clamp*), alat penurun (*descender*), dan alat penahan jatuh bergerak (*mobile fall arrester*).
9. Pelampung, berfungsi melindungi pekerja yang bekerja di atas air atau di permukaan air agar terhindar dari bahaya tenggelam, selain berfungsi untuk mengatur keterapungan (*buoyancy*) agar pekerja dapat berada di posisi tenggelam (*negative buoyant*) atau melayang (*neutral buoyant*) di dalam air. Jenis-jenis pelampung meliputi jaket keselamatan (*life jacket*), rompi keselamatan (*life vest*), dan rompi pengatur keterapungan (*buoyancy control device*).¹⁵

Peralatan perlindungan diri yang dapat dikatakan efektif jika:

- a) Sesuai dengan bahaya yang dihadapi di tempat kerja
- b) Cocok bagi pekerja yang akan menggunakannya

- c) Tidak mengganggu alat pelindung diri yang lain yang dipakai secara bersamaan.
- d) Terbuat dari bahan material yang tahan terhadap bahaya tersebut
- e) Tidak mengganggu kerja dari operator yang sedang bertugas.
- f) Konstruksi yang dimiliki sangat kual
- g) Tidak meningkatkan resiko pada pemakainya.¹⁶

Kewajiban memberikan perlindungan atas tersedianya Alat Pelindung Diri terdapat dalam Pasal 9 UU 1/1970 yang menjelaskan bahwa pada saat pekerja telah resmi diterima bekerja dan memulai pekerjaannya. Maka pengusaha memiliki kewajiban untuk memberikan penjelasan kepada pekerja terkait

- Kondisi dan bahaya yang dapat timbul dalam lingkungan kerja
- Menjelaskan seluruh pengaman dan alat-alat perlindungan yang wajib dikenakan saat bekerja.
- Memberikan alat pelindung diri yang sesuai kepada pekerja.
- Serta menjelaskan cara dan sikap aman saat melakukan pekerjaannya.¹⁵

D. Gangguan pernapasan

1. Pengertian Pernafasan

Pernafasan (Respirasi) adalah suatu proses mulai dari pengambilan oksigen sampai pengeluaran karbon dioksida hingga menggunakan energi di dalam tubuh.¹⁷ Sistem pernapasan atau respirasi adalah proses pengambilan oksigen (O_2) dari udara bebas saat menarik napas. O_2 tersebut kemudian melewati saluran napas (*bronkus*) dan sampai ke dinding alveoli (kantong udara). Sesampainya di kantong udara, O_2 akan ditransfer ke pembuluh darah yang didalamnya mengalir sel-sel darah merah untuk dibawa ke sel-sel di berbagai organ tubuh lain sebagai energi dalam proses metabolisme. Setelah metabolisme, sisa-sisa metabolisme, terutama karbondioksida (CO_2) akan dibawa darah untuk dibuang kembali ke udara bebas melalui paru-paru pada saat membuang napas.¹⁸

Saluran-saluran udara yang dilalui oleh oksigen dan karbon dioksida, bukanlah sekadar terowongan lalu lintas udara. Saluran-saluran tersebut juga

berperan sebagai salah satu front terdepan mekanisme pertahanan tubuh. Paru-paru memiliki permukaan yang terekspos pada dunia luar, yang wilayahnya jauh lebih luas dibanding bagian tubuh yang lain, termasuk kulit. Sehingga saluran pernapasan juga harus berfungsi mengusir kotoran, debu, tungau, dan bakteri dari benda-benda asing yang merugikan lainnya.¹⁸

2. Proses Terjadinya Pernafasan

Proses pernapasan meliputi dua proses, yaitu menarik napas atau inspirasi, serta mengeluarkan napas atau ekspirasi. Sewaktu menarik napas, otot diafragma berkontraksi dari posisi melengkung ke atas menjadi lurus. Bersama dengan itu, otot-otot tulang rusuk pun berkontraksi. Akibat berkontraksi kedua otot tersebut rongga dada mengembang sehingga tekanan dalam rongga dada berkurang dan udara masuk. Saat manusia mengeluarkan napas, otot diafragma dan otot-otot tulang rusuk melemas. Akibatnya, rongga dada mengecil dan tekanan udara keluar, jadi udara mengalir dari tempat yang bertekanan besar ke tempat yang bertekanan lebih kecil.¹⁷

3. Mekanisme Penimbunan Debu di Paru-paru

Perjalanan udara pernapasan mulai dari hidung sampai ke parenkim paru melalui struktur yang berbelok-belok sehingga memungkinkan terjadinya proses deposisi partikel. Partikel yang masuk ke dalam sistem pernapasan ukurannya sangat heterogen. Partikel berukuran $>10\ \mu\text{m}$ tertangkap di dalam rongga hidung, yang berukuran diantara $5\text{-}10\ \mu\text{m}$ tertangkap di bronkus dan percabangannya, sedangkan yang berukuran $< 3\ \mu\text{m}$ dapat masuk ke dalam alveoli. Tertangkapnya partikel disebabkan karena partikel tersebut menabrak dinding saluran pernafasan dan adanya kecenderungan partikel untuk mengendap.¹⁹

Pada daerah yang mempunyai aliran udara turbulen, partikel besar terlempar keluar dari jalur aslinya sehingga menabrak dinding jalur nafas dan menempel pada mukus. Kecepatan aliran udara di bronkiolus berkurang sehingga partikel kecil yang masuk sampai ke alveoli dapat dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan sedimentasi sehingga partikel tersebut mengendap. Partikel yang sangat kecil menabrak dinding karena adanya gerak *Brown*.¹⁹

4. Gangguan Saluran Pernafasan

Gangguan pernafasan adalah adanya keluhan pada saluran pernafasan akibat terpapar polutan udara, dimana semakin lama individu terpapar polutan udara maka kemungkinan adanya keluhan pernafasan semakin besar.²⁰ Partikel debu berada pada udara bebas pada jangka yang lama dan berada pada keadaan yang melayang yang kemudian memapar dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran nafas. Selain dapat membahayakan kesehatan debu juga dapat mengakibatkan terganggunya daya tembus pandang mata dan debu juga dapat mengakibatkan terjadinya berbagai reaksi kimia di dalam tubuh.¹²

Ukuran debu sangat berpengaruh terhadap terjadinya penyakit pada saluran pernafasan. Dari hasil penelitian ukuran tersebut dapat mencapai target organ sebagai berikut:

- (a) (5-10 mikron) akan tertahan oleh saluran pernafasan bagian atas
- (b) (3-5 mikron) akan tertahan oleh saluran pernafasan bagian tengah
- (c) (1-3 mikron) sampai di permukaan alveoli
- (d) (0,5-0,1 mikron) hinggap di permukaan alveoli/selaput lendir sehingga menyebabkan fibrosis paru
- (e) (0,1-0,5 mikron) melayang di permukaan alveoli.

Menurut WHO 1996 ukuran debu partikel yang membahayakan adalah berukuran 0,1-5 atau 10 mikron. Depkes mengisyaratkan bahwa ukuran debu yang membahayakan berkisar 0,1 sampai 10 mikron.²¹ Faktor yang mendasari timbulnya gejala gangguan pernafasan:

1) Batuk

Batuk merupakan mekanisme refleksi yang sangat penting untuk menjaga jalan nafas tetap terbuka (paten) dengan menyingkirkan hasil sekresi lendir yang menumpuk pada jalan napas. Tidak hanya lendir yang akan disingkirkan oleh refleks batuk tetapi juga gumpalan darah dan benda asing.¹⁹ Batuk timbul sebagai reaksi refleksi saluran pernafasan terhadap iritasi pada mukosa saluran pernafasan dalam bentuk pengeluaran udara (dan lendir) secara mendadak disertai bunyi khas. Timbulnya gejala batuk karena iritasi partikulat

adalah jika terjadi rangsangan pada bagian-bagian peka saluran pernafasan, misalnya *trakeo bronkial*, sehingga timbul sekresi berlebih dalam saluran pernafasan.²² Batuk merupakan gejala yang paling sering ditemukan pada infeksi jalan napas. Jika batuk tidak hilang selama tiga minggu sebaiknya dilakukan pemeriksaan foto toraks untuk menentukan kemungkinan adanya *tuberculosis*, karsinoma *bronkus* atau penyakit paru lain.¹⁹

2) Dahak

Dalam keadaan normal, sistem pernapasan pada orang dewasa memproduksi lebih kurang 100 mL lendir per hari yang biasanya tertelan. Jika produksi lendir berlebihan pengeluarannya menjadi tidak efektif sehingga lendir yang tertumpuk berupa dahak atau sputum. Produksi dahak dapat meningkat karena adanya rangsangan pada membran mukosa secara fisik, kimiawi, maupun karena infeksi. Konsistensi dahak dapat digolongkan menjadi encer (*watery*), kental sampai lengket.¹⁹

Dalam mendeskripsikan dahak harus disebutkan jumlah produksinya selama 24 jam, tekstur dan warnanya. Dahak yang berwarna hitam mungkin disebabkan oleh polusi udara atmosfer, dahak yang berwarna kuning disebabkan oleh infeksi bakteri dan dahak yang berwarna hijau mengarah pada kemungkinan bronkiektasis.¹⁹

3) Dispnea atau Sesak napas

Dispnea sering disebut sebagai sesak napas, napas pendek, *breathlessness*, atau *shortness of breath*. Dispnea adalah gejala subjektif berupa keinginan penderita untuk meningkatkan upaya mendapatkan udara pernapasan.¹⁹ Sesak napas atau kesulitan bernapas disebabkan oleh aliran udara dalam saluran pernapasan karena penyempitan. Penyempitan dapat terjadi karena saluran pernafasan menguncup, oedema atau karena sekret yang menghalangi arus udara. Sesak napas dapat ditentukan dengan menghitung pernafasan dalam satu menit.²²

4) Mengi atau Wheeze

Mengi adalah napas yang berbunyi seperti bunyi suling yang menunjukkan adanya penyempitan saluran napas, baik secara fisiologis (oleh

karena dahak) maupun secara anatomik (oleh karena konstriksi). Suara mengi nadanya lebih tinggi dibandingkan suara napas lainnya. *Wheezing* dapat terjadi secara difusi di seluruh dada seperti pada asma atau secara lokal seperti pada penyumbatan oleh lendir atau benda asing.²²

E. Particulate Matter 2,5 (PM_{2,5})

1. Pengertian *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5})

Polusi udara adalah campuran kompleks partikel (PM), gas dan molekul-molekul yang terus berinteraksi satu sama lain di atmosfer. Particulate matter (PM) itu sendiri adalah campuran dari beberapa senyawa (misalnya, organik dan unsur karbon, logam transisi, nitrat dan sulfat) mulai dari ukuran beberapa nanometer sampai yang berdiameter >10 mm. Particulate matter (PM) adalah salah satu parameter polutan udara. Particulate matter 2,5 (debu partikulat 2,5) adalah partikel dengan diameter aerodinamik lebih kecil dari 2,5 µm. Unsur partikulat ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia sebagai reseptor terutama menyebabkan gangguan pada sistem respirasi.

2. Sumber *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5})

Sumber *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5}) secara alamiah adalah dari debu tanah kering yang terbawa angin, abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi. Sementara sumber PM_{2,5} akibat perbuatan manusia adalah sebagian besar berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan, dan gas buangan alat transportasi. Jenis industri yang berpotensi sebagai sumber PM_{2,5} adalah industri besi dan baja, industri semen, industri petrokimia, industri kertas dan pulp, pabrik tepung, industri tekstil, pabrik asbes, pabrik insektisida, dan industri elektronika.

Industri dapat menghasilkan limbah berupa limbah padat dan gas. Sebagai contoh adalah proses pembakaran batubara di bagian boiler menghasilkan limbah gas berupa gas CO_x, NO_x, SO_x, dan H₂O dan limbah padat berupa fly ash dan bottom ash. Fly ash dan bottom ash dimasukkan ke dalam kantong dan kemudian ditimbun sementara di tempat penimbunan yang tidak jauh dari boiler. Tempat penyimpanan yang terbuka seperti ini dapat

memungkinkan fly ash, bottom ash, dan batubara sebagai sumber debu $PM_{2,5}$ terbawa angin semakin tinggi dan menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Pekerja bagian boiler adalah kelompok yang berisiko tinggi untuk terpapar debu $PM_{2,5}$ karena bekerja di dekat sumber debu $PM_{2,5}$. Sumber partikulat dibedakan berdasarkan pergerakannya, yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber emisi bergerak adalah sumber emisi yang dapat bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor. Sedangkan sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat.

F. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan sebuah pendekatan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran pada paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik.²³

1. Paradigma analisis risiko

Mengacu pada *Risk Assessment and Management Handbook* tahun 1996, analisis risiko mengenal dua istilah yaitu *risk analysis* dan *risk assessment*. *Risk assessment* meliputi 3 komponen yaitu penelitian, assessment risiko (*risk assessment*) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Di dalam prosesnya, analisis risiko dapat diilustrasikan sebagai berikut:

- a. Penelitian dimaksudkan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agent risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan secara laboratorium, maupun penelitian lapangan dengan maksud untuk mengetahui efek, respon atau perubahan pada tubuh manusia terhadap dosis, dan nilai referensi yang aman bagi tubuh dari agent risiko tersebut.
- b. Asesmen risiko (*Risk Assessment*) atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang

diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi.

- c. Pengelolaan risiko dilakukan apabila asesmen risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah-langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta sosial-ekonomi-politis, dan melakukan tindak lanjut.²⁴

2. Agent risiko, pajanan, dosis dan dampak

Dampak buruk terhadap kesehatan yang ditimbulkan oleh agen risiko terjadi karena adanya pemajanan dengan dosis dan waktu yang cukup. Suatu organisme, sistem, sub/populasi terpajan agen risiko di lingkungan melalui beberapa jalur pemajanan (jalur pajanan inhalasi, jalur pajanan oral, jalur pajanan kontak kulit).²⁴

3. Langkah Analisis Risiko Lingkungan

a. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya adalah langkah pertama dalam ARKL yang bertujuan untuk mengidentifikasi agen risiko yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan apabila terpapar. Selain itu, tahap ini juga dapat mencakup penilaian gejala-gejala gangguan kesehatan yang terkait dengan agen risiko tersebut. Proses ini harus menjawab pertanyaan mengenai jenis agen risiko spesifik yang dapat menyebabkan bahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial.²³

b. Analisis Dosis-Respon (*Dose-Response Assessment*)

Analisis dosis respon dilakukan setelah melakukan identifikasi bahaya (seperti agen risiko, konsentrasi, dan media lingkungan), tahap selanjutnya adalah analisis dosis-respons. Pada tahap ini, nilai RfD (*Reference Dose*), RfC (*Reference Concentration*), dan/atau SF (*Safety Factor*) dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL harus dicari, serta

efek-efek yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia harus dipahami. Analisis dosis-respons ini tidak selalu memerlukan penelitian eksperimental sendiri, melainkan dapat dilakukan dengan merujuk pada literatur yang tersedia. Langkah ini bertujuan untuk:

- 1) Mengidentifikasi jalur pajanan (*pathways*) yang memungkinkan agen risiko memasuki tubuh manusia.
- 2) Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi sebagai akibat dari peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.
- 3) Mengetahui nilai dosis referensi (RfD), konsentrasi referensi (RfC), atau faktor kemiringan (SF) dari agen risiko tersebut, dengan rumus :

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

c. Analisis Pajanan (*Exposure Assessment*)

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

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

Keterangan :

C = konsentrasi agen risiko, mg/m³ untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan

R = laju asupan atau konsumsi, M³/ jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, gr/hari untuk makanan

tE = waktu pajanan, jam/hari

fE = frekuensi pajanan, hari/tahun

D_t = Durasi pajanan, tahun (real time atau proyeksi: 30 tahun untuk nilai default residensial)

Wb = berat badan, kg

T_{avg} = perioda waktu rata-rata (D_t x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogen, 70 tahun x 365 hari/ tahun untuk zat karsinogen)

Jika nilai intake masih lebih rendah daripada nilai RfD/RfC, maka intake yang paling berisiko dapat dihitung menggunakan rumus:

$$I_{nk} (C_{maksimal}) = \frac{C \times R \times tE \times fE \times D_t}{Wb \times t_{avg}}$$

d. Karakterisasi risiko

Langkah ARKL yang terakhir adalah karakterisasi risiko yang dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko atau dengan kata lain menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada ARKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (dengan karakteristik seperti berat badan, laju inhalasi/konsumsi, waktu, frekuensi, durasi pajanan 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 didapat dari analisis pajanan) dan dosis referensi (*RfD*)/ konsentrasi referensi (*RfC*) yang didapat dari literatur yang ada.

Karakterisasi risiko adalah proses memperkirakan kejadian efek kesehatan akibat berbagai pajanan yang telah dijelaskan di analisis

pajanan. Karakteristik risiko dilakukan dengan menggabungkan analisis pajanan dan dosis respon. Karakterisasi risiko dinyatakan dalam *Risk Quotient* (RQ) untuk efek non karsinogenik. Nilai RQ dihitung dengan membagi nilai asupan non karsinogenik dengan nilai dosis referensi (*RfD* atau *RfC*). Risiko kesehatan ada atau tinggi dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$, jika $RQ \leq 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi segala kondisi harus dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1.

$$RQ = \frac{Ink}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Hasil perhitungan RQ akan diketahui:

- a. Jika $RQ > 1$ maka konsentrasi agent berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan
- b. Jika $RQ \leq 1$ maka konsentrasi agent belum berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan

Keterangan:

RQ = tingkat risiko

I = asupan dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg.hari)

RfC = dosis atau konsentrasi referensi secara inhalasi (mg/kg.hari)

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

- 1) Pernyataan risiko (aman atau tidak aman).
- 2) Jalur pajanan atau dasar perhitungan (inhalasi atau ingesti).
- 3) Konsentrasi agen risiko atau dasar perhitungan.
- 4) Populasi yang berisiko.
- 5) Kelompok umur populasi dasar perhitungan.
- 6) Berat badan populasi atau dasar perhitungan.
- 7) Frekuensi pajanan atau dasar perhitungan.
- 8) Durasi pajanan atau dasar perhitungan.²³

4. Pengelolaan Risiko

Setelah melakukan keempat langkah ARKL, maka telah dapat diketahui apakah suatu agen risiko aman/dapat diterima atau tidak. Pengelolaan risiko bukan termasuk langkah ARKL melainkan tindak lanjut yang harus dilakukan apabila hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun *unacceptable*. Dalam melakukan pengelolaan risiko perlu dibedakan antara strategi pengelolaan risiko dan cara pengelolaan risiko yaitu:

a. Strategi Pengelolaan Risiko

1) Penentuan Konsentrasi Aman (C)

$$C_{nk}(\text{aman}) = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{R \times tE \times fE \times Dt}$$

2) Penentuan Waktu Paparan Aman (tE)

$$t_{Enk}(\text{aman}) = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times fE \times Dt}$$

3) Penentuan frekuensi paparan aman (fE)

$$f_{Enk}(\text{aman}) = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times tE \times Dt}$$

4) Penentuan durasi paparan aman (Dt)

$$D_{tnk}(\text{aman}) = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{C \times R \times tE \times fE}$$

b. Cara Pengelolaan

Pengelolaan risiko memerlukan penggunaan energi yang tepat serta metode yang sesuai. Pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan tiga pendekatan berikut:

1) Pendekatan teknologi

Pengelolaan risiko dengan memanfaatkan teknologi yang tersedia mencakup penggunaan alat, bahan, metode, dan teknik tertentu. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan teknologi antara lain: penerapan penggunaan IPAL, pengolahan / penyaringan air, modifikasi cerobong asap, penanaman tanaman penyerap polutan, dll.

2) Pendekatan sosial ekonomi

Pengelolaan risiko menggunakan pendekatan sosial ekonomis berupa melibatkan pihak lain, efisiensi proses, substitusi, dan penerapan sistem kompensasi. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan sosial ekonomis antara lain: 3R (*reduce*, *reuse*, dan *recycle*) limbah, pemberdayaan masyarakat yang berisiko, pemberian kompensasi pada masyarakat yang terkena dampak, permohonan bantuan pemerintah akibat keterbatasan pemrakarsa (pihak yang bertanggung jawab mengelola risiko).

3) Pendekatan Institusional

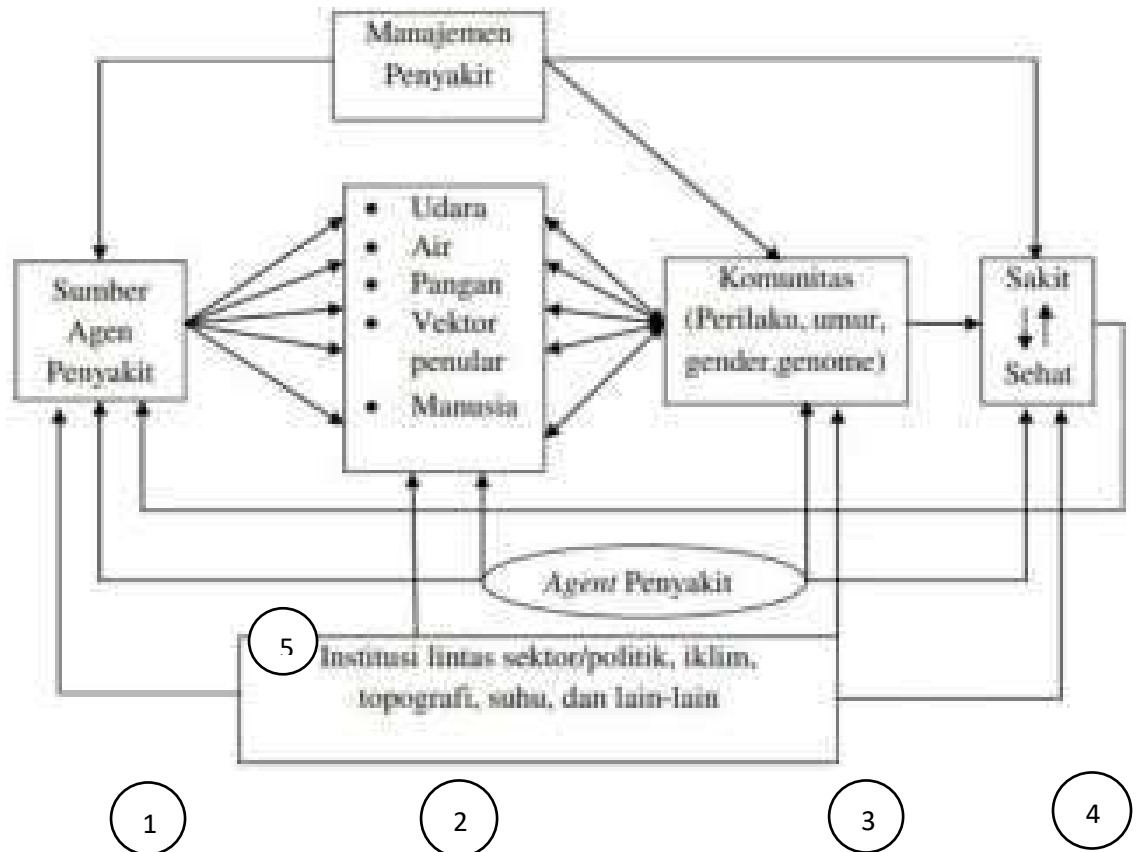
Pengelolaan risiko dengan menempuh jalur dan mekanisme kelembagaan dengan cara melakukan kerjasama dengan pihak lain. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan institusional antara lain kerjasama dalam pengolahan limbah B3, mendukung pengawasan yang dilakukan oleh pemerintah, menyampaikan laporan kepada instansi yang berwenang.²³

5. 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 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.²³

G. Kerangka Teori

Berdasarkan teori pada bagian sebelumnya, maka disajikan gambaran dari kerangka teorinya pada bagan berikut ini:

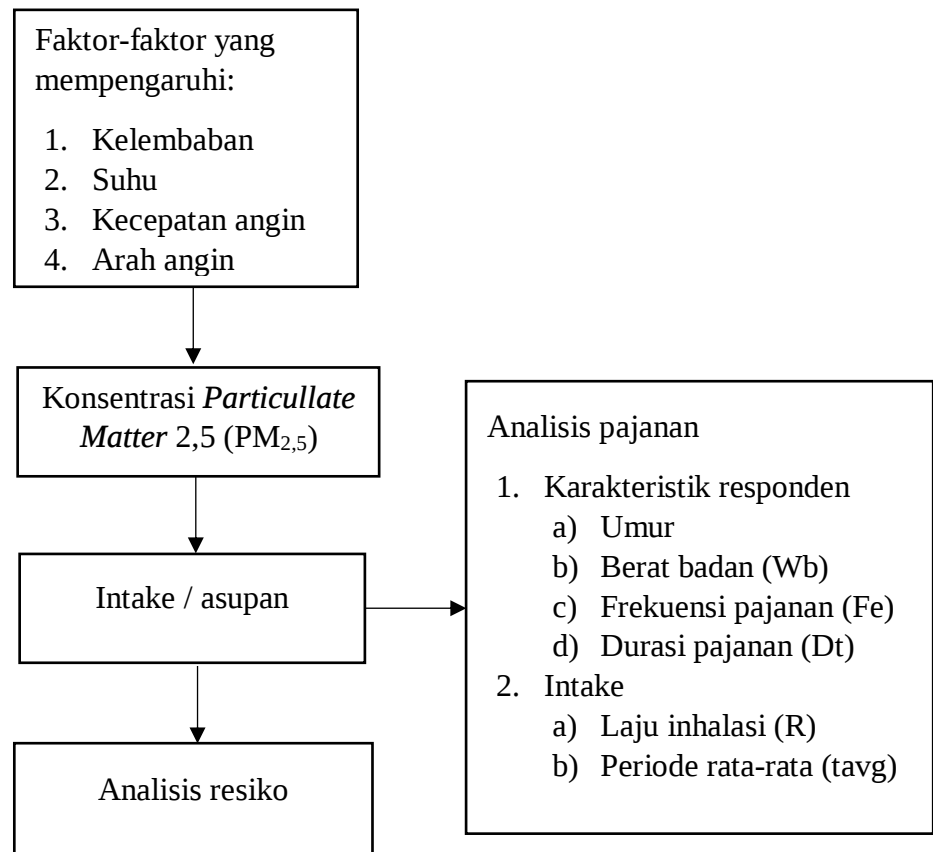


- Simpul 1 : Sumber Penyakit
- Simpul 2 : Media Transmisi Penyakit
- Simpul 3 : Perilaku Pemajanan (*Behavioural Exposure*)
- Simpul 4 : Kejadian Penyakit
- Simpul 5 : Variabel Suprasistem

Gambar 2.1 .Kerangka Teori
Sumber : Achmadi (2012)²⁵

H. Alur Pikir

Alur pikir dari penelitian ini didapatkan variabel yang diduga menjadi analisis risiko kesehatan lingkungan pajanan $PM_{2,5}$ yang dapat digambarkan dalam diagram di bawah ini:



Gambar 2.2 Alur Pikir

I. Definisi Operasional

Tabel 2 1. Definisi Operasional

No	Variabel	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Bahaya (Konsentrasi PM _{2,5})	Banyaknya partikel PM _{2,5} di udara yang berada di kawasan industri batu akik	Mini Volt	SNI 7117.13:2009 dengan metode Gravimetri	mg/m ³	rasio
2.	Dosis-Respon	Dosis referensi yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada pekerja	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	$Rfc = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$	mg/kg/hari	rasio
3.	Pajanan	Jumlah debu PM _{2,5} yang di terima oleh pekerja dengan menghitung nilai <i>Intake</i>	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dan kuesioner	$I_{nk} = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$ dan wawancara	mg/kg/hari	rasio
4.	Karakteritik risiko	Besarnya risiko yang dinyatakan dalam angka tanpa satuan yang merupakan perbandingan antara <i>Intake</i> dengan <i>RFC</i>	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	$RQ = \frac{I}{RFC}$	Tingkat risiko aman jika $RQ < 1$; tingkat risiko tidak aman jika $RQ \geq 1$	Ordinal

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL). Analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan sebuah pendekatan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran pada paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran yang spesifik. Analisis risiko kesehatan lingkungan ini terdiri dari empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis paparan dan karakterisasi risiko.

B. Waktu Dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Mei tahun 2025. Tempat penelitian ini di Industri Pengrajin batu akik, Pasar Palapa Kota Pekanbaru.

C. Populasi Dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja di Industri Pengrajin Batu akik, yang berjumlah 15 orang.

2. Sampel

a. Sampel Udara

Sampel udara dengan ukuran partikel 2,5 mikro meter ($PM_{2,5}$) yang diambil pada setiap tahapan proses pembuatan batu akik yang diduga menghasilkan debu meliputi:

- 1) Titik I di lokasi bagian depan pasar, diukur selama 10 jam kerja.
- 2) Titik II di lokasi bagian tengah pasar, diukur selama 10 jam kerja.
- 3) Titik III di lokasi bagian Belakang pasar, diukur selama 10 jam kerja.

b. Sampel Pekerja

Sampel penelitian ini adalah 15 orang pekerja di industri batu akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025.

D. Teknik Dan Alat Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan;

1. Data Primer

Data primer diperoleh dengan melakukan pengukuran konsentrasi PM_{2,5} secara langsung pada pekerja batu Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Mini volt*. Setelah itu data primer juga dikumpulkan melalui wawancara langsung dengan menggunakan kuesioner.

2. Data Sekunder

Data sekunder dari penelitian ini meliputi data pribadi pekerja.

E. Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat pengumpulan data dalam penelitian ini berupa alat *Mini Volt* untuk mengukur konsentrasi Particulate Matter 2,5 (PM_{2,5}), dan Kuesioner yang digunakan bertujuan untuk memperoleh informasi dari responden mengenai data pribadi mereka serta hal-hal yang relevan dengan penelitian ini.

F. Teknik Pengolahan Data

1. *Editing*

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

2. *Coding*

Merupakan kegiatan merubah data menjadi bentuk-bentuk kode angka yang berguna untuk memudahkan peneliti dalam melakukan *entry* data dan analisis.

3. *Entry*

Data yang sudah dipindahkan dalam bentuk kode, kemudian di *entry* ke dalam software komputer untuk dilakukan proses analisis selanjutnya.

4. *Cleaning*

Data yang sudah di *entry* dilakukan ulang dengan tujuan untuk melihat apakah data yang masuk sudah relevan dengan daftar pertanyaan yang ada pada kuesioner dan memberikan kesempatan untuk dilakukan perbaikan sebelum dilakukan analisis.

G. Analisis Data

1. Analisis Univariat

Analisis univariat bertujuan untuk menggambarkan distribusi karakteristik variabel yang diukur dalam penelitian dan menyajikannya dalam bentuk tabel atau grafik.

2. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Data yang telah disajikan selanjutnya akan dianalisis menggunakan metode analisis risiko yaitu dengan cara menghitung jumlah intake PM_{2,5} yang diterima individu per kilogram berat badan per harinya. Perhitungan intake dilakukan dengan rumus perhitungan analisis risiko menggunakan nilai konsentrasi pajanan PM_{2,5} dari hasil pengukuran, nilai antropometri dan pola aktivitas individu. Nilai *intake* kemudian dibandingkan dengan nilai *intake* referensi yang akan menghasilkan RQ dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

Rumus I :

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

Keterangan :

C = konsentrasi agan resiko, mg/m³ untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan

R = laju asupan atau konsumsi, M³/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, gr/hari untuk makanan

tE = waktu pajanan, jam/hari

fE = frekuensi pajanan, hari/tahun

D_t = Durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi: 30 tahun untuk nilai default residensial)

Wb = berat badan, kg

Tavg = perioda waktu rata-rata ($D_t \times 365$ hari/tahun untuk zat non karsinogen, 70 tahun $\times 365$ hari/ tahun untuk zat karsinogen)

Rumus II:

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

Keterangan:

RQ = tingkat risiko (berisiko jika, $RQ > 1$), (tidak berisiko jika, $RQ < 1$)

I = asupan (*Intake*) dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg.hari)

RFC = konsentrasi referensi secara inhalasi (mg/kg.hari).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian



Gambar 4 1 . Geografis Pasar Batu Akik Palapa Kota Pekanbaru

Penelitian ini dilaksanakan di Pasar Palapa, yang berada di Jalan Durian, Kelurahan Labuh Baru, Kecamatan Payung Sekaki, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Lokasi Pasar Palapa terletak tepat di perbatasan wilayah administrasi, yaitu sebelah timur berbatasan dengan Jalan Palapa, utara dengan Jalan Durian, barat dan selatan berbatasan dengan permukiman warga serta Jalan Meranti dan Jalan Garuda. Pasar Palapa merupakan pasar tradisional tingkat kecamatan yang menempati lahan seluas sekitar 13.780 m² dan dikelola di bawah koordinasi Kecamatan Payung Sekaki. Akses lokasi cukup mudah melalui jalur utama Kota Pekanbaru dan hanya beberapa kilometer dari pusat kota, menjadikannya sangat representatif sebagai lokasi penelitian risiko paparan PM_{2.5} pada pekerja pengasah batu akik.

Pasar batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru buka jam 08.00 WIB hingga jam 17.00 WIB. Banyak orang yang datang dan melakukan aktivitas jual beli di pasar batu akik. Pasar batu akik Palapa dikenal sebagai salah satu sentra perdagangan batu akik terbesar di Kota Pekanbaru. Pasar batu akik di Pasar Palapa ramai di kunjungi peminat batu akik di Kota Pekanbaru.

Para pedagang di Pasar Batu Akik Pasar Palapa Pekanbaru melakukan banyak aktivitas di sana. Para pedagang melakukan proses pembuatan batu akik di dalam pasar. Pembuatan batu akik mulai dari pemotongan, pengasahan, hingga pengilatan batu akik dilakukan di lokasi penjualan. Aktivitas ini menyebabkan banyak debu yang timbul di pasar yang bisa berdampak pada kesehatan.

B. Hasil

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan dengan mengukur konsentrasi $PM_{2,5}$ pada 3 titik yaitu pada bagian depan pasar batu akik palapa, bagian tengah pasar batu akik Palapa, dan bagian belakang pasar batu akik Palapa. Identifikasi bahaya pada 3 titik melalui pengukuran langsung menggunakan alat mini vol. Hasil pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2,5}$ Di Pasar Batu Akik Palapa Pekanbaru Tahun 2025

Titik sampel	Hasil konsentrasi $\mu g/m^3$	Nilai baku mutu $\mu g/m^3$
Titik depan pasar	40,5	55
Titik tengah pasar	67,8	55
Titik belakang pasar	11,2	55

Berdasarkan tabel di atas konsentrasi $PM_{2,5}$ tertinggi terdapat pada titik tengah pasar batu akik Palapa Pekanbaru dengan konsentrasi $67,8 \mu g/m^3$. Konsentrasi terendah terdapat pada titik belakang pasar batu akik Palapa Pekanbaru dengan konsentrasi $11,2 \mu g/m^3$. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023 nilai pada titik tengah pasar batu akik melebihi nilai baku mutu yaitu $55 \mu g/m^3$ ²⁶.

2. Analisis Dosis - Respon

Analisis dosis respon yaitu mencari nilai konsentrasi referensi (RfC) yang dimaksud Nilai ambang aman terhadap dampak nonkarsinogenik dari paparan $PM_{2,5}$ dapat diperoleh dengan mengacu pada berbagai sumber literatur ilmiah yang telah tersedia RfC pada penelitian ini didapat dengan menggunakan rumus intake dengan nilai konsentrasi diambil sesuai dengan baku mutu $PM_{2,5}$ menurut Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023 bahwa kadar debu partikel 2,5

mikron di udara yang memenuhi syarat adalah tidak melebihi dari $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,055 \text{ mg}/\text{m}^3$) dengan nilai default $R = 0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$, $t_e = 8 \text{ jam}/\text{hari}$, $f_e = 250 \text{ hari}/\text{tahun}$, $D_t = 30 \text{ tahun}$ (nilai default paparan non karsinogenik), $W_b = 55 \text{ kg}$ (rata-rata berat badan orang indonesia), $t_{\text{Avg}} = 365 \text{ hari}/\text{tahun} \times 30 \text{ tahun}$. Angka tersebut merupakan standar ketetapan dari WHO, maka dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$C = 0,055 \text{ mg}/\text{m}^3$$

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

$$t_e = 8 \text{ jam}/\text{hari}$$

$$f_e = 250 \text{ hari}/\text{tahun}$$

$$D_t = \text{real time atau proyeksi: } 30 \text{ tahun untuk nilai default residensial}$$

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

$$T_{\text{avg}} = 30 \text{ tahun } (D_t \times 365 \text{ hari}/\text{tahun untuk zat non karsinogen, } 70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/ tahun untuk zat karsinogen})$$

Untuk mencari RfC menggunakan rumus berikut :

$$RfC = \frac{C \times R \times t_e \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{\text{avg}}}$$

$$RfC = \frac{0,055 \text{ mg}/\text{m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam}/\text{hari} \times 250 \text{ hari}/\text{tahun} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 365 \text{ hari}/\text{tahun} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$RfC = 0,0045 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$$

Maka nilai konsentrasi referensi (RfC) $\text{PM}_{2,5}$ adalah $0,0045 \text{ mg}/\text{kg}/\text{hari}$.

3. Analisis Paparan

a. Analisis Antropometri

Pengukuran karakteristik antropometri dilakukan terhadap 15 responden. Karakteristik responden Selama pelaksanaan pengukuran konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ pada tiga titik, dilakukan pula wawancara untuk memperoleh data pendukung. Variabel-variabel yang diukur adalah berat badan, lama bekerja per hari, frekuensi paparan yaitu lamanya hari bekerja dalam setahun, dan durasi paparan yaitu lamanya bekerja sebagai pengrajin batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru. Hasil karakteristik responden terlihat pada tabel antropometri berikut ini:

Tabel 4.2 Karakteristik Antropometri para pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

Nama	Jenis Kelamin	Umur (Tahun)	Berat Badan (Kg)	Lama Bekerja (Jam/Hari)	Frekuensi Pajanan (Hari/Tahun)	Lama Bekerja (Tahun)
FY	Laki-laki	39	63	8	270	8
BU	Laki-laki	29	64	9	300	6
EA	Laki-laki	33	76	9	286	6
ML	Laki-laki	59	63	8	313	10
AM	Laki-laki	62	65	7	250	14
AP	Laki-laki	57	70	5	160	10
BL	Laki-laki	32	51	8	310	5
YE	Laki-laki	46	65	9	280	9
MH	Laki-laki	50	88	9	300	9
NS	Laki-laki	31	55	9	290	6
RM	Laki-laki	42	74	10	305	7
FR	Laki-laki	51	54	10	313	8
HZ	Laki-laki	33	84	7	313	5
SN	Laki-laki	38	60	8	313	7
YS	Laki-laki	67	62	6	290	8
Maksimum		67	88	10	313	14
Minimum		29	51	5	160	5
Rata-rata		44,6	66,2	8,1	265,3	7,8

Berdasarkan tabel 4.2 di atas hasil pengumpulan data menunjukkan bahwa rata-rata usia responden adalah 44,6 tahun. Usia responden tertua tercatat 67 tahun, sedangkan yang termuda 29 tahun. Sementara itu, berat badan rata-rata adalah 66,2 kg, dengan rentang berat badan dari 51 kg hingga 88 kg. Waktu pajanan (tE) rata-rata responden adalah 8,1 jam per hari. Pekerja bekerja paling lama 10 jam dalam satu hari, sedangkan paling sedikit 5 jam dalam satu hari. Lama pajanan (fE) dalam satu tahun adalah rata-rata 265,3 hari. Rata-rata lama pajanan (Dt) selama masa kerja adalah 7,8 tahun, dengan durasi terlama tercatat 14 tahun dan yang tersingkat selama 5 tahun.

b. Perhitungan Nilai Asupan

Nilai intake dihitung melalui analisis pajanan yang melibatkan penggunaan data antropometri dalam suatu model persamaan matematis. Nilai intake dinyatakan sebagai jumlah pajanan yang masuk ke dalam tubuh individu perkilogram berat badan perhari yang dapat dihitung secara *realtime* dan *lifetime*.

Intake *realtime* digunakan karena data karakteristik antropometri dan pola aktivitas didapatkan dengan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian, sedangkan intake lifetime menggunakan durasi pajanan 30 tahun. Durasi pajanan selama 30 tahun merupakan periode yang diperkirakan untuk manifestasi efek non-karsinogenik pada tubuh manusia. Intake tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I_{nk} = \frac{C \times R \times t \times E \times f \times E \times D \times t}{W_b \times t_{avg}}$$

Berikut adalah hasil perhitungan intake yang telah dilakukan:

Tabel 4.3 Intake Realtime dan Intake Lifetime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

Sampel	Konsentrasi PM _{2,5} (µg/m ³)	Intake Realtime	Intake Lifetime
FY	40,5	0,0008420196	0,0031575734
BU	40,5	0,0007770591	0,0038852954
EA	40,5	0,0006238285	0,0031191424
ML	67,8	0,0020426194	0,0061278581
AM	67,8	0,0019370748	0,0041508746
AP	67,8	0,0005873346	0,0017620039
BL	67,8	0,0012495257	0,0074971539
YE	67,8	0,0017931778	0,0059772594
MH	67,8	0,0014284539	0,0047303798
NS	67,8	0,0014632642	0,0073163208
RM	67,8	0,0014827223	0,0063545243
FR	11,2	0,0003936612	0,0014762293
HZ	11,2	0,0001265339	0,0006643032
SN	11,2	0,0002480065	0,0010628851
YS	11,2	0,0001906029	0,0007147609
Maksimum	67,8	0,0020426194	0,0074971539
Minimum	11,2	0,0001265339	0,0006643032
Rata-rata	47,25	0,0022379639	0,0038664376

Berdasarkan tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa intake realtime dan intake lifetime tertinggi berada pada lokasi sampling di titik tengah pasar batu akik di pasar Palapa dimana sebesar 0,0020426194 mg/kg/hari dan 0,0074971539 mg/kg/hari. Intake realtime dan intake lifetime terendah sebesar 0,0001265339 mg/kg/hari dan 0,0006643032 mg/kg/hari yang berada

pada lokasi sampling titik belakang pasar batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru.

4. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko (RQ) dilakukan untuk mendapatkan nilai besarnya risiko individu berdasarkan intake yang diterima. Apabila nilai $RQ < 1$ berarti pemajanan masih dianggap aman bagi manusia, sedangkan apabila nilai $RQ > 1$ berarti pemajanan tidak aman bagi manusia sehingga perlu dilakukan pengendalian. Nilai risiko ini dinyatakan dalam *risk quotient* (RQ) yang dapat diketahui dengan membagi intake dengan nilai *RfC* sebagai berikut:

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

Nilai RQ pajanan Realtime pada pengrajin batu akik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Karakterisasi Risiko PM_{2,5} Pajanan Realtime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

Sampel	Intake Realtime	RfC	RQ	Risiko
FY	0,0008420196	0,0045	0,18711546667	Tidak Berisiko
BU	0,0007770591	0,0045	0,17267980000	Tidak Berisiko
EA	0,0006238285	0,0045	0,13862855556	Tidak Berisiko
ML	0,0020426194	0,0045	4,53915422222	Berisiko
AM	0,0019370748	0,0045	0,43046106667	Tidak Berisiko
AP	0,0005873346	0,0045	0,13051880000	Tidak Berisiko
BL	0,0012495257	0,0045	0,27767237778	Tidak Berisiko
YE	0,0017931778	0,0045	0,39848395556	Tidak Berisiko
MH	0,0014284539	0,0045	0,31743420000	Tidak Berisiko
NS	0,0014632642	0,0045	0,32516982222	Tidak Berisiko
RM	0,0014827223	0,0045	0,32949384444	Tidak Berisiko
FR	0,0003936612	0,0045	0,08748026667	Tidak Berisiko
HZ	0,0001265339	0,0045	0,02811864444	Tidak Berisiko
SN	0,0002480065	0,0045	0,05511255556	Tidak Berisiko
YS	0,0001906029	0,0045	0,04235620000	Tidak Berisiko
Maksimum	0,0020426194	0,0045	4,53915422222	
Minimum	0,0001265339	0,0045	0,02811864444	
Rata-rata	0,0022379639	0,0045	0,49927543712	

Berdasarkan data tabel 4.4 diketahui bahwa responden ML yang bekerja pada titik tengah pasar batu akik Palapa Kota Pekanbaru dan masa kerja realtime

dengan nilai RQ 4,53915422222 mg/kg/hari yang artinya berisiko. Karakterisasi risiko para pekerja masa kerja realtime dengan nilai rata-rata RQ sebesar 0,4992754371 mg/kg/hari dengan nilai maksimum sebesar 4,53915422222 mg/kg/hari dan nilai minimum sebesar 0,02811864444 mg/kg/hari.

Tabel 4.5 Karakterisasi Risiko PM_{2,5} Paparan Lifetime Pada Pekerja Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025

Sampel	Intake Lifetime	RfC	RQ	Risiko
FY	0,0031575734	0,0045	0,70168297778	Tidak Berisiko
BU	0,0038852954	0,0045	0,86339900000	Tidak Berisiko
EA	0,0031191424	0,0045	0,69314275556	Tidak Berisiko
ML	0,0061278581	0,0045	1,36174624444	Berisiko
AM	0,0041508746	0,0045	0,92241657778	Tidak Berisiko
AP	0,0017620039	0,0045	0,39155642222	Tidak Berisiko
BL	0,0074971539	0,0045	1,66603308889	Berisiko
YE	0,0059772594	0,0045	1,32827986667	Berisiko
MH	0,0047303798	0,0045	1,05119551111	Berisiko
NS	0,0073163208	0,0045	1,62584906667	Berisiko
RM	0,0063545243	0,0045	1,41211651111	Berisiko
FR	0,0014762293	0,0045	0,32805095556	Tidak Berisiko
HZ	0,0006643032	0,0045	0,14762315556	Tidak Berisiko
SN	0,0010628851	0,0045	0,23619780000	Tidak Berisiko
YS	0,0007147609	0,0045	0,15883575556	Tidak Berisiko
Maksimum	0,0074971539	0,0045	1,66603308889	
Minimum	0,0006643032	0,0045	0,14762315556	
Rata-rata	0,0038664376	0,0045	0,8773979125	

Berdasarkan data tabel 4 diketahui bahwa responden yang bekerja pada titik tengah pasar batu akik Palapa Kota Pekanbaru dan masa kerja lifetime dengan nilai RQ tertinggi yaitu 1,66603308889 mg/kg/hari yang artinya berisiko. $RQ > 1$ berarti pajanan tidak aman bagi manusia sehingga perlu dilakukan pengendalian. Nilai RQ terendah berada di titik belakang pasar dengan nilai RQ 0,14762315556 mg/kg/hari. Karakterisasi risiko para pekerja masa kerja lifetime dengan nilai rata-rata RQ sebesar 0,8773979125 mg/kg/hari.

C. Pembahasan

1. Identifikasi Bahaya

Pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ dilakukan pada tiga titik berbeda di area pasar batu akik Palapa Kota Pekanbaru. Hasil pengambilan sampel menunjukkan bahwa pada titik depan pasar, kadar $PM_{2,5}$ tercatat sebesar $40,5 \mu g/m^3$, sedangkan pada titik tengah nilainya mencapai $67,8 \mu g/m^3$, dan pada titik belakang sebesar $11,2 \mu g/m^3$. Jika dibandingkan dengan batas ambang yang ditetapkan dalam Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023, diketahui bahwa konsentrasi di titik depan dan belakang masih berada di bawah nilai baku mutu, sementara titik tengah melebihi ambang batas, yaitu di atas $55 \mu g/m^3$.

Temuan ini diperkuat oleh penelitian Hasanah yang menemukan bahwa pekerja industri marmer di Yogyakarta terpapar debu silika kristalin dan mengalami gangguan paru-paru seperti silikosis. Penelitian serupa oleh Putra et al. Pada pengrajin tembaga Boyolali juga mencatat keluhan gangguan pernapasan akibat paparan debu logam halus di tempat kerja.²⁷

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, saat pengukuran di titik depan pasar, kondisi cuaca cukup panas dan jumlah aktivitas pekerja sangat minim, dengan hanya tiga kios yang beroperasi di sisi tersebut. Sebaliknya, titik tengah pasar menunjukkan aktivitas pekerja yang jauh lebih tinggi, di mana banyak pengrajin batu akik sedang melakukan kegiatan pemotongan dan pengasahan. Hal ini berkontribusi terhadap tingginya kadar $PM_{2,5}$ di area tersebut.

2. Analisis Dosis-Respon

Nilai konsentrasi referensi (RfC) untuk $PM_{2,5}$ belum tercantum secara resmi dalam *Integrated Risk Information System (IRIS)* maupun dalam tabel dosis-respons pada Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Di sisi lain, standar kualitas udara ambien nasional (*National Ambient Air Quality Standards / NAAQS*) mencantumkan batas konsentrasi sebesar $150 \mu g/m^3$. Namun, nilai RfC dalam penelitian ini tidak mengacu pada Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, karena informasi tentang faktor

pemajanan dalam peraturan tersebut tidak tersedia secara spesifik. Selain itu, nilai *RfC* juga tidak ditentukan berdasarkan pendekatan toksikologis seperti *NOAEL (No-Observed-Adverse-Effect Level)* atau *LOAEL (Lowest-Observed-Adverse-Effect Level)*, karena hingga saat ini belum ada kajian resmi dari lembaga berwenang terkait $PM_{2,5}$ dengan pendekatan tersebut.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pekerja di industri pengecoran logam dengan pajanan debu lebih dari 8 jam per hari mengalami peningkatan keluhan respirasi. Siregar (2022) di industri tahu tempe juga melaporkan konsentrasi $PM_{2,5} > 60 \mu g/m^3$ dengan gejala ISPA pada pekerja yang tidak menggunakan masker.²⁸

Oleh karena itu, sebagai alternatif, nilai konsentrasi referensi $PM_{2,5}$ dalam penelitian ini ditetapkan berdasarkan nilai baku mutu yang tercantum dalam Permenkes RI Nomor 2 tahun 2023 yakni sebesar $55 \mu g/m^3$. Setelah melalui proses konversi dan perhitungan sesuai dengan metode analisis risiko kesehatan lingkungan, diperoleh nilai *RfC* sebesar 0,0045 mg/kg/hari.

3. Analisis Pajanan

a. Karakteristik Antropometri

Penelitian ini mencakup pengukuran karakteristik antropometri dan aktivitas responden, salah satunya adalah berat badan, yang merupakan indikator penting dalam menentukan besarnya dosis aktual suatu agen risiko yang diterima tubuh. Umumnya, semakin besar massa tubuh seseorang, maka jumlah zat berbahaya yang diserap relatif lebih kecil, karena berat badan digunakan sebagai pembagi dalam perhitungan paparan internal (*intake*). Berdasarkan survei yang dilakukan terhadap para pekerja batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru, diketahui bahwa berat badan responden berkisar antara 51 kg hingga 88 kg, dengan nilai rata-rata sebesar 47,25 kg. Rata-rata ini lebih rendah dibandingkan standar berat badan orang dewasa Indonesia, yaitu 55 kg. Oleh karena itu, responden dengan berat badan yang lebih kecil cenderung memiliki nilai *intake* yang lebih tinggi, karena berat badan berfungsi sebagai penyebut (*denominator*) dalam rumus perhitungan.

Temuan ini sesuai dengan pernyataan Erdinur (2021), yang menjelaskan bahwa terdapat hubungan terbalik antara berat badan dan jumlah paparan yang diterima tubuh. Semakin tinggi berat badan seseorang, maka semakin rendah potensi paparan zat pencemar udara yang diserap tubuh, karena jaringan lemak dalam tubuh dapat membantu melarutkan atau menyerap zat toksik yang masuk melalui pernapasan.²⁹

Individu dengan berat badan rendah cenderung memiliki risiko lebih tinggi terhadap dampak paparan polusi udara yang masuk melalui proses pernapasan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan agen risiko (risk agent) untuk lebih cepat berinteraksi langsung dengan sel-sel tubuh. Oleh karena itu, massa tubuh yang lebih kecil dapat memperbesar potensi intake terhadap polutan udara, menunjukkan bahwa berat badan menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan besarnya paparan yang diterima tubuh.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata usia responden adalah 44,6 tahun yaitu rentang 44-45. Usia termasuk dalam kategori karakteristik yang dapat meningkatkan kerentanan terhadap penurunan fungsi paru-paru, terutama pada individu berusia di atas 40 tahun. Hal ini dikarenakan adanya proses degeneratif alami, di mana fungsi organ vital seperti paru-paru, jantung, dan sistem peredaran darah mulai mengalami penurunan. Seiring bertambahnya usia, risiko terkena penyakit dan gangguan kesehatan juga meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti menurunnya daya tahan tubuh, tingginya kemungkinan terpapar agen infeksi, serta penurunan fungsi fisiologis berbagai jaringan yang berkaitan dengan perkembangan penyakit. Perubahan biologis yang terjadi secara bertahap sejalan dengan proses penuaan dapat berdampak langsung terhadap kapasitas kerja dan ketahanan fisik seseorang dalam menghadapi pajanan di lingkungan kerja.

Berdasarkan hasil observasi terhadap aktivitas kerja pengrajin batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru, diketahui bahwa jam kerja harian umumnya dimulai dari pukul 09.00 hingga 18.00 WIB, dengan rata-rata durasi kerja 8 jam per hari. Namun, terdapat beberapa pekerja yang tidak

memiliki bantuan tenaga atau peralatan modern, sehingga waktu kerja mereka bisa mencapai 10 jam per hari. Selain itu, sejumlah pekerja tetap melakukan aktivitas produksi pada akhir pekan, yaitu hari Sabtu dan Minggu. Rata-rata frekuensi paparan dalam setahun tercatat sebesar 265,3 hari/tahun, dengan frekuensi tertinggi mencapai 313 hari/tahun.

Jika dibandingkan dengan ketentuan yang tercantum dalam UU No. 11 tahun 2020, yang menyatakan bahwa jam kerja ideal adalah 8 jam per hari atau 40 jam per minggu, maka jam kerja para pekerja batu akik di lokasi penelitian ini melebihi batas waktu kerja yang dianjurkan secara hukum.³⁰

Lebih lanjut, hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi paparan tahunan secara realtime yang diterima oleh pekerja berkisar antara 5 hingga 14 tahun, tergantung pada lamanya masa kerja masing-masing individu. Sementara itu, untuk estimasi durasi paparan jangka panjang (*lifetime*), digunakan nilai 30 tahun sebagai standar. Durasi paparan ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap besar kecilnya nilai intake yang dihitung; semakin panjang masa kerja dan paparan, maka semakin besar pula risiko paparan terhadap tubuh, dan akibat kesehatannya menjadi lebih serius.

Nilai intake sebanding dengan konsentrasi paparan, laju asupan (*rate of intake*), frekuensi paparan, serta durasi paparan. Artinya, apabila variabel-variabel ini meningkat, maka jumlah zat berbahaya yang masuk ke tubuh juga akan meningkat. Sebaliknya, intake memiliki hubungan berbanding terbalik dengan berat badan dan periode waktu rata-rata, di mana semakin besar berat badan individu, maka risiko kesehatannya cenderung lebih rendah karena zat berbahaya akan tersebar dalam volume tubuh yang lebih besar. Berdasarkan pengolahan data antropometri dan aktivitas, dapat disimpulkan bahwa Berat badan rata-rata (Wb) pekerja adalah 66,2 kg, Durasi paparan harian (tE) rata-rata sebesar 8 jam per hari, Frekuensi paparan (fE) dalam satu tahun adalah 265 hari, Durasi paparan realtime (Dt) berada pada rata-rata 7,8 tahun. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa lama waktu kerja dan paparan yang tinggi terhadap partikulat halus PM_{2,5} pada lingkungan kerja tersebut dapat meningkatkan risiko gangguan sistem

pernapasan, terutama pada pekerja yang telah terpapar dalam jangka waktu panjang²⁹.

b. Perhitungan Nilai Asupan

Nilai paparan $PM_{2,5}$ di lingkungan kerja dihitung melalui pendekatan *intake* yang dibedakan menjadi dua jenis, yakni *intake realtime* dan *intake lifetime*. *Intake lifetime* merepresentasikan estimasi akumulasi paparan yang diterima individu per kilogram berat badan per hari dalam kurun waktu panjang, yakni 30 tahun, dengan mempertimbangkan aktivitas rata-rata responden serta durasi paparan jangka panjang. Sebaliknya, *intake realtime* menunjukkan jumlah paparan aktual yang telah diterima oleh individu sejak pertama kali mulai bekerja hingga saat pengambilan data dalam penelitian ini. Durasi paparan *realtime* dihitung berdasarkan lamanya seseorang telah bekerja di lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil analisis pajanan, yang dihitung dengan memasukkan data antropometri responden ke dalam rumus intake, ditemukan bahwa nilai tertinggi untuk *intake realtime* dan *intake lifetime* berada pada titik tengah sisi pasar batu akik Palapa Kota Pekanbaru. Responden atas nama ML memiliki nilai intake realtime tertinggi sebesar 4,53915422222 mg/kg/hari, sedangkan BL menunjukkan intake *lifetime* tertinggi yaitu 1,66603308889 mg/kg/hari. Nilai tersebut merupakan angka maksimum yang mencerminkan potensi risiko paling tinggi di antara semua responden. Hasil ini menunjukkan bahwa pekerja yang berada pada titik tengah pasar memiliki potensi risiko kesehatan lebih besar dalam jangka waktu panjang, terutama selama 30 tahun mendatang. Hal ini berkaitan dengan sifat $PM_{2,5}$ yang bersifat akumulatif, di mana dampaknya terhadap kesehatan seringkali baru muncul setelah paparan dalam jangka waktu yang cukup lama.

4. Karakterisasi Risiko

Penentuan tingkat risiko responden dalam penelitian ini dihitung berdasarkan nilai *intake* yang diperoleh, kemudian dibandingkan dengan nilai Reference Concentration (*RfC*) untuk $PM_{2,5}$ yaitu sebesar 0,0045 mg/kg/hari.

Hasil perhitungan *risk quotient* (RQ) baik secara *lifetime* maupun *realtime* menunjukkan bahwa terdapat satu titik lokasi di area tengah pasar yang melebihi ambang aman ($RQ > 1$). Pada titik tersebut, nilai RQ realtime mencapai 4,53, sedangkan nilai RQ lifetime sebesar 1,66, yang berarti tingkat pajanan pada lokasi itu bersifat tidak aman dan berpotensi membahayakan kesehatan para pekerja di bagian tengah area pasar.

Karakterisasi risiko diperoleh melalui perbandingan antara nilai intake dengan nilai *RfC*. Dalam penelitian ini, penghitungan nilai intake menggunakan rumus yang mengacu pada konsentrasi $PM_{2,5}$ berdasarkan baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023, di mana ambang batas $PM_{2,5}$ dinyatakan melampaui standar bila melebihi $55 \mu g/m^3$. Berdasarkan Penelitian sebelumnya di industri tekstil menunjukkan hasil serupa, bahwa 72% pekerja dengan $RQ > 1$ mengalami penurunan kapasitas paru. Rahmawati (2021) dalam studinya di tambang batu bara juga menyimpulkan bahwa $RQ > 1$ menjadi indikator kuat terhadap risiko pernapasan kronis.³¹

Berdasarkan hasil analisis, pekerja yang berada di lingkungan kerja pasar batu akik Palapa Kota Pekanbaru menunjukkan nilai $RQ > 1$, yang berarti berada dalam tingkat risiko tinggi terhadap dampak kesehatan. Temuan ini menegaskan bahwa debu yang dihasilkan dari aktivitas pengolahan batu akik mengandung risiko yang signifikan terhadap sistem pernapasan para pekerja.

D. Pengendalian Risiko

Tingginya hasil karakterisasi risiko pada sebagian pekerja yang menunjukkan tingkat bahaya di atas ambang aman menunjukkan perlunya dilakukan tindakan pengendalian risiko. Tujuan utama dari pengendalian ini adalah untuk menurunkan tingkat risiko yang dihadapi oleh para pekerja. Upaya pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan:

1. Pendekatan Teknologi

Pendekatan teknologi dilakukan untuk mencegah, mengurangi dan menanggulangi dampak proses pembuatan batu akik di Pasar Palapa Kota Pekanbaru. Pendekatan teknologi yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi $PM_{2,5}$ di udara yaitu dengan mengganti teknik pengasahan dengan

teknik *diamond wheels* yang digunakan bersama air agar debu tidak berterbangan. Penggunaan masker dapat mengurangi masuknya PM_{2,5} dalam tubuh pekerja.

2. Pendekatan Sosial Ekonomi

Strategi ini melibatkan peningkatan kesadaran dan pemahaman pekerja melalui kegiatan edukatif, seperti sosialisasi tentang pentingnya menggunakan masker saat bekerja dan penjelasan mengenai dampak kesehatan yang bisa terjadi bila alat pelindung tidak digunakan. Tujuannya adalah membangun kesadaran individu terhadap bahaya lingkungan kerja serta mendorong pekerja untuk aktif melindungi diri dari paparan debu dengan menggunakan APD secara konsisten.

3. Pendekatan Institusional

Pada pendekatan ini, langkah yang dapat diambil meliputi pengurangan tingkat paparan melalui pembatasan intensitas, frekuensi, dan durasi kerja. Institusi seperti Puskesmas atau Dinas Kesehatan diharapkan dapat melakukan pemantauan secara berkala terhadap kadar PM_{2,5} di lingkungan kerja. Selain itu, pengelolaan waktu kerja tahunan dan pengaturan jadwal kerja untuk menekan durasi pajanan langsung terhadap debu menjadi bagian penting dari upaya perlindungan pekerja.

E. Komunikasi Risiko

Proses komunikasi risiko bertujuan untuk menyampaikan informasi mengenai potensi bahaya kepada populasi yang terdampak, instansi pemerintah, serta pihak-pihak terkait lainnya. Komunikasi ini merupakan tahapan lanjutan dari pelaksanaan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) dan menjadi tanggung jawab pihak yang berkontribusi terhadap timbulnya risiko. Dalam penelitian ini, komunikasi risiko bertujuan untuk menyampaikan potensi bahaya kepada kelompok yang rentan, yaitu para pekerja di pasar batu akik, terkait efek kesehatan yang dapat timbul akibat paparan debu secara terus-menerus dari proses pengerjaan batu akik. Oleh karena itu para pekerja di harapkan terus memakai Alat Pelindung Diri (APD), khususnya masker dalam melakukan kegiatan.

Bagi pihak Dinas Lingkungan Hidup diharapkan dapat bekerja sama dengan Dinas Kesehatan dalam perumusan kebijakan mengenai pengawasan dan pemantauan kesehatan pekerja di industri dan memberikan pengarahan kepada pekerja tentang dampak kesehatan yang ditimbulkan dari debu hasil produksi industri batu bata. Selain itu, bagi pihak industri untuk dapat membuat kebijakan Standar Operasional Prosedur (SOP) bagi pekerja untuk dapat selalu menggunakan Alat Pelindung Diri. Serta menyediakan Alat Pelindung Diri yang dibutuhkan oleh pekerja dalam melakukan kegiatan produksi yang berupa masker respirator (masker anti debu). Sehingga hal ini dapat meminimalisir para pekerja dari bahaya yang berisiko bagi pekerja, khusus dari paparan debu yang dihasilkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Pasar Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru Tahun 2025:

1. Nilai Konsentrasi tertinggi $PM_{2,5}$ Pasar Batu Akik Pasar Palapa Kota Pekanbaru tahun 2025 didapatkan pada titik kedua yaitu bagian tengah pasar dengan hasil konsentrasi 67,8 mg/m^3 .
2. Analisis dosis-respon untuk paparan debu $PM_{2,5}$ menunjukkan nilai sebesar 0,0045 $mg/kg.hari$. Hal ini menunjukkan adanya potensi risiko terhadap kesehatan pekerja.
3. Analisis pajanan menunjukkan bahwa nilai tertinggi intake realtime 0,00204 $mg/kg.hari$ dan intake lifetime 0,00749 $mg/kg.hari$ ditemukan di titik kedua yaitu bagian tengah Pasar batu akik pasar Palapa Kota Pekanbaru.
4. Karakteristik risiko hasil perhitungan risiko realtime, menunjukkan terdapat 1 pekerja memiliki nilai $RQ > 1$. Hasil perhitungan risiko lifetime menunjukkan terdapat 6 pekerja memiliki nilai $RQ > 1$, yang artinya beresiko atau tidak aman.

B. Saran

1. Bagi Dinas Tenaga Kerja

Diharapkan kepada instansi agar melakukan pemantauan dan pengawasan parameter pencemar lingkungan kerja terhadap pekerja untuk mengurangi dampak dari pencemaran lingkungan kerja.

2. Bagi Pekerja

Para pekerja diharapkan untuk menggunakan alat pelindung diri (APD) berupa masker respirator secara konsisten untuk meminimalkan risiko paparan debu $PM_{2,5}$. Selain itu, penting bagi pekerja untuk menjalani pemeriksaan kesehatan secara berkala untuk mendeteksi gejala gangguan pernapasan secara dini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cimi Ilmiawati, Mohamad Reza, R. Edukasi Pencegahan Penyakit Paru Akibat Paparan Debu Silika Pada Pengrajin Batu Akik Di Kota Padang Cimi Ilmiawati 1) , Mohamad Reza 2) , Russilawati 3) 1). 1, 1–10 (2017).
2. Satrio, M. I., Syah, F., Putra, E. & Ridwan, M. Perubahan Sosial Ekonomi Terhadap Perkembangan Batu Akik Di Petukangan Utara. (2023).
3. Lestari, R. A., Shadiq, F. A., Regia, R. A., Goembira, F. & Akbar, F. Potensi Risiko Paparan Pm_{2,5} Pada Pekerja Tambang Batu Kapur Di Pt.X Kab. 50 Kota. *Ris. Inf. Kesehat.* 10, 123 (2021).
4. Amerta, P. W. P. & Wirawan, I. M. A. Hubungan Paparan Debu Dengan Kapasitas Fungsi Paru Perajin Batu Paras Di Desa Ketewel, Sukawati, Gianyar. *Arch. Community Heal.* 7, 87 (2020).
5. Ridayanti, D. D. P. Risiko Paparan Debu/Particulate Matter (Pm_{2,5}) Terhadap Kesehatan Masyarakat (Studi Kasus: Tempat Pembuatan Batu Bata Di Desa Kaloran, Kecamatan Ngronggot, Nganjuk). *Penelit. Kesehat. Suara Forikes* 13, 1–7 (2022).
6. Nadhiati Marwi. Analisis Risiko Kadar Debu Pada Pekerja Batu Akik Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan Di Komplek Nusantara Building Kota Padang Tahun 2017. (2017).
7. Sumekar, P., Denny, H. & Kusumawati, A. Assessment Perilaku Ttdak Aman Pada Sektor Informal Pengrajin Batu Akik Di Pasar Dargo Baru, Semarang. *J. Kesehat. Masy. Univ. Diponegoro* 5, 405–413 (2017).
8. Anggraini, K. R. Analisis Hukum Islam Tentang Zakat Batu Akik Menurut Ulama Mazhab. (Uin Raden Intan Lampung, 2024).
9. Siswati & Diyanah, K. C. Analisis Risiko Paparan Debu (Total Suspended Particulate) Di Unit Packer Pt. X. *J. Kesehat. Lingkung.* 9, 100–110 (2022).
10. Sari, M. *Et Al. Kesehatan Lingkungan Perumahan.* (2020).
11. Jodi Irawan. Analisis Risiko Paparan Debu Terhadap Kesehatan, Keselamatan Kerja Pada Pekerja Produksi Beton. (2020).
12. Setyaningsih, Y. *Buku Ajar Higiene Lingkungan Industri. Fkm Undip Press* (2018).
13. Suhardi, B. *Ergonomi Partisipatori.* (2021).
14. Ansya Bastian, I., Santoso, S. & Kamali Zaman, M. Hubungan Pengetahuan Penggunaan Apd, Perilaku Penggunaan Apd, Dan Ergonomi Dengan Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Di Pabrik Kelapa Sawit Di Rokan Hulu Riau. *Bio-Lectura J. Pendidik. Biol.* 10, 109–116 (2023).
15. Solicha, F. H. & Wijayanti, A. Perlindungan Hukum Terhadap Pekerja Atas Alat Pelindung Diri. *Wijayakusuma Law Rev.* 2, 23–37 (2020).

16. Rinawati, S., Widowati, N. N. & Rosanti, E. Pengaruh Tingkat Pengetahuan Terhadap Pelaksanaan Pemakaian Alat Pelindung Diri Sebagai Upaya Pencapaian Zero Accident Di Pt. X. *J. Ind. Hyg. Occup. Heal.* 1, 53 (2016).
17. Zuriati, S., Suriya, S. & Ananda, Y. *Buku Ajar Asuhan Keperawatan Medikal Bedah Gangguan Pada Sistem Respirasi*. Penerbit Sinar Ultima Indah (2017).
18. Saminan. Efek Obstruksi Pada Saluran Pernapasan Terhadap Daya Kembang Paru. *J. Kedokt. Syiah Kuala* 16, 36–39 (2019).
19. Djodibroto, D. *Respirologi (Respiratory Medicine)*. (2012).
20. Riani, P. D. Gambaran Kualitas Udara Ambien (So₂, No₂, Tsp) Terhadap Keluhan Subyektif Gangguan Pernapasan Pada Pedagang Tetap Di Kawasan Terminal Bus Kampung Rambutan Jakarta Timur Tahun 2017. 11, (2017).
21. Djamiko, R. D. *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja*. (2012).
22. Lela Nurlala & Meiana Harfika. *Buku Ajar Belimbing Wuluh Untuk Meringkan Ispa*. (2019).
23. Republik Indonesia. Kemenkes. *Pedoman Arkl Direktorat Jendral Pp Dan Pl Kementerian Kesehatan Tahun 2012*. (2012).
24. Miladil Fitra, Awaluddin, S. F. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Arkl)*. (Revisi Cet. Pt. Global Eksekutif Teknologi, 2021).
25. Achmadi, U. F. *Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah*. (Rajawali Pers, 2012).
26. Permenkes. Pmk Nomor 2 Tahun 2023. *Kaos Gl Dergisi* 8, 147–154 (2023).
27. Hasanah, A. Risiko Gangguan Pernapasan Akibat Paparan Debu Silika Pada Pekerja Marmer. *J. Kesehat. Masy.* 16(2), 111–117 (2021).
28. Siregar, F. Paparan Pm_{2,5} Dan Risiko Ispa Di Industri Rumahan. *J. Kesehatan. Lingkungan. Indonesia*. 11(2), 123–130 (2022).
29. Nur, E., Seno, B. A. & Hidayanti, R. Risiko Gangguan Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan Pm₁₀ Di Kota Padang. *J. Kesehatan. Lingkungan. Indonesia*. 20, 97–103 (2021).
30. Indonesia. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja. *Peraturan.Bpk.Go.Id* 1–1187 (2020).
31. Rahmawati, L. Evaluasi Risiko Paparan Partikel Di Area Tambang Batubara. *J. Ilmu Lingkung.* 19(1), 88–94 (2021).

LAMPIRAN 1

MASTER TABEL PAJANAN KADAR DEBU PM_{2.5}

Nama	Umur	C	R	Is	Fc	Da	Wb	RK	Intake RI	RQ RI	Det	Intake LY	RQ LY	Targ
PS	18	40,3	0,83	8	276	8	83	0,0045	0,0008420196	0,18711346667	30	0,0001371734	0,7016829777	10000
BU	28	40,3	0,83	9	306	8	84	0,0045	0,0007770391	0,17587980000	30	0,00018852934	0,66319900000	10000
EA	33	40,3	0,83	9	268	8	76	0,0045	0,0006318283	0,13682833336	30	0,0001190434	0,6931427333	10000
MB	38	47,8	0,83	8	313	10	83	0,0045	0,0028426194	4,33915422222	30	0,0081278381	1,3613483444	10000
AM	42	47,8	0,83	7	250	14	83	0,0045	0,0019070748	0,43048096667	30	0,0041308748	0,9224187777	10000
AP	37	47,8	0,83	5	568	10	76	0,0045	0,0005873346	0,13051888888	30	0,0017620039	0,3913564222	10000
BL	32	47,8	0,83	8	318	3	31	0,0045	0,0013495237	0,27767237778	30	0,0074871139	1,6660330888	10000
VS	48	47,8	0,83	9	288	9	83	0,0045	0,0017911778	0,39868259555	30	0,0058772194	1,3282788666	10000
MB	38	47,8	0,83	9	306	9	88	0,0045	0,0014284139	0,31743438888	30	0,0047308798	1,0311957333	10000
NS	33	47,8	0,83	6	290	8	33	0,0045	0,0014635642	0,32318983333	30	0,0071161308	1,6258490666	10000
RM	42	47,8	0,83	10	305	7	34	0,0045	0,0014827223	0,32949384444	30	0,00683543583	1,4121081111	10000
PR	33	31,2	0,83	10	313	8	34	0,0045	0,0003936612	0,08748538867	30	0,0014362283	0,3280509523	10000
MR	33	31,2	0,83	7	313	5	84	0,0045	0,0003283339	0,03811884444	30	0,0006843033	0,1478231333	10000
SN	38	31,2	0,83	8	313	7	86	0,0045	0,0003480063	0,03511233336	30	0,0010828831	0,2381978000	10000
TS	47	31,2	0,83	6	290	8	42	0,0045	0,0001906029	0,04235820000	30	0,0007147809	0,1388337333	10000
Maximum	38	47,8		10	313	14	88		0,0028426194	4,33915422222		0,0074871139	1,6660330888	
Minimum	47	31,2		5	308	8	81		0,0001283339	0,03811884444		0,0006843033	0,1478231333	
Rate ratio	44,4	47,25		8,3	265,3	7,8	83,73		0,0023379639	0,48927543713		0,0038664376	0,8773879123	

LAMPIRAN 2

A. Analisis Paparan

Nilai Intake Realtime

1. Pekerja FY

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 270 \text{ hari/tahun} \times 8 \text{ tahun}}{63 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{580,8672 \text{ mg}}{689850 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0008420196 \text{ mg/kg.hari}$$

2. Pekerja BU

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 300 \text{ hari/tahun} \times 6 \text{ tahun}}{64 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{544,563 \text{ mg}}{700800 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0007770591 \text{ mg/kg.hari}$$

3. Pekerja EA

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 286 \text{ hari/tahun} \times 6 \text{ tahun}}{76 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{519,15006 \text{ mg}}{832200 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0006238285 \text{ mg/kg.hari}$$

4. Pekerja ML

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 10 \text{ tahun}}{63 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1409,10096 \text{ mg}}{689850 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0020426194 \text{ mg/kg.hari}$$

5. Pekerja AM

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari} \times 250 \text{ hari/tahun} \times 14 \text{ tahun}}{65 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1378,713 \text{ mg}}{711750 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0019370748 \text{ mg/kg.hari}$$

6. Pekerja AP

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam/hari} \times 160 \text{ hari/tahun} \times 10 \text{ tahun}}{70 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{450,192 \text{ mg}}{766500 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000587334638 \text{ mg/kg.hari}$$

7. Pekerja BL

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 310 \text{ hari/tahun} \times 5 \text{ tahun}}{51 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{697,7976 \text{ mg}}{558450 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00124952565 \text{ mg/kg.hari}$$

8. Pekerja YE

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 280 \text{ hari/tahun} \times 9 \text{ tahun}}{65 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1276,29432 \text{ mg}}{711750 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00179317783 \text{ mg/kg.hari}$$

9. Pekerja MH

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 300 \text{ hari/tahun} \times 9 \text{ tahun}}{88 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1376,4582 \text{ mg}}{963600 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00142845392 \text{ mg/kg.hari}$$

10. Pekerja NS

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 290 \text{ hari/tahun} \times 6 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{881,25084 \text{ mg}}{602250 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00146326416 \text{ mg/kg.hari}$$

11. Pekerja RM

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} \times 305 \text{ hari/tahun} \times 7 \text{ tahun}}{74 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1201,4499 \text{ mg}}{810300 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0014827223 \text{ mg/kg.hari}$$

12. Pekerja FR

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 8 \text{ tahun}}{54 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{232,77184 \text{ mg}}{591300 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000393661153 \text{ mg/kg.hari}$$

13. Pekerja HZ

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 5 \text{ tahun}}{84 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{116,38592 \text{ mg}}{919800 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000126533942 \text{ mg/kg.hari}$$

14. Pekerja SN

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 7 \text{ tahun}}{60 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{162,940288 \text{ mg}}{657000 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000248006527 \text{ mg/kg.hari}$$

15. Pekerja YS

$$I_{nk} = \frac{C \times R \times t \times E \times f \times Dt}{Wb \times tavg}$$

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari} \times 290 \text{ hari/tahun} \times 8 \text{ tahun}}{62 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{129,40032 \text{ mg}}{678900 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000190602916 \text{ mg/kg.hari}$$

Nilai Intake Lifetime

1. Pekerja FY

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 270 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{63 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{2178,252 \text{ mg}}{689850 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00315757339 \text{ mg/kg.hari}$$

2. Pekerja BU

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 300 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{64 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{2722,815 \text{ mg}}{700800 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00388529538 \text{ mg/kg.hari}$$

3. Pekerja EA

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

$$I_{nk} = \frac{0,0405 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 286 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{76 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{2595,7503 \text{ mg}}{832200 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00311914239 \text{ mg/kg.hari}$$

4. Pekerja ML

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{63 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{4227,30288 \text{ mg}}{689850 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00612785806 \text{ mg/kg.hari}$$

5. Pekerja AM

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari} \times 250 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{65 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{2954,385 \text{ mg}}{711750 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0041508746 \text{ mg/kg.hari}$$

6. Pekerja AP

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 5 \text{ jam/hari} \times 160 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{70 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{1350,576 \text{ mg}}{766500 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00176200391 \text{ mg/kg.hari}$$

7. Pekerja BL

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 310 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{51 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{4186,7856 \text{ mg}}{558450 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00749715391 \text{ mg/kg.hari}$$

8. Pekerja YE

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 280 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{65 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{4254,3144 \text{ mg}}{711750 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00597725943 \text{ mg/kg.hari}$$

9. Pekerja MH

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 300 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{88 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{4558,194 \text{ mg}}{963600 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00473037983 \text{ mg/kg.hari}$$

10. Pekerja NS

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam/hari} \times 290 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{55 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{4406,2542 \text{ mg}}{602250 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,0073163208 \text{ mg/kg.hari}$$

11. Pekerja RM

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

$$I_{nk} = \frac{0,0678 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} \times 305 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{74 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{5149,071 \text{ mg}}{810300 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00635452425 \text{ mg/kg.hari}$$

12. Pekerja FR

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{54 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{872,8944 \text{ mg}}{591300 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00147622933 \text{ mg/kg.hari}$$

13. Pekerja HZ

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{84 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{611,02608 \text{ mg}}{919800 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000664303196 \text{ mg/kg.hari}$$

14. Pekerja SN

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times 313 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{60 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{698,31552 \text{ mg}}{657000 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,00106288511 \text{ mg/kg.hari}$$

15. Pekerja YS

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

$$I_{nk} = \frac{0,0112 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari} \times 290 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}{62 \text{ kg} \times 10950 \text{ hari}}$$

$$I_{nk} = \frac{485,2512 \text{ mg}}{678900 \text{ kg.hari}}$$

$$I_{nk} = 0,000714760937 \text{ mg/kg.hari}$$

A. Karakterisasi Resiko

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

RQ Paparan Realtime

1. Pekerja FY

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

$$RQ = \frac{0,0008420196 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0,18711546667 \text{ mg/kg/hari}$$

2. Pekerja BU

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

$$RQ = \frac{0,0007770591 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0,17267980000 \text{ mg/kg/hari}$$

3. Pekerja EA

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

$$RQ = \frac{0,0006238285 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0,13862855556 \text{ mg/kg/hari}$$

4. Pekerja ML

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

$$RQ = \frac{0,0020426194 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 4,53915422222 \text{ mg/kg/hari}$$

5. Pekerja AM

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

$$RQ = \frac{0,0019370748 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0,43046106667 \text{ mg/kg/hari}$$

6. Pekerja AP

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

$$RQ = \frac{0,000587334638 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0,13051880000 \text{ mg/kg/hari}$$

7. Pekerja BL

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

$$RQ = \frac{0,00124952565 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.27767237778 \text{ mg/kg/hari}$$

8. Pekerja YE

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

$$RQ = \frac{0,00179317783 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.39848395556 \text{ mg/kg/hari}$$

9. Pekerja MH

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

$$RQ = \frac{0,00142845392 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.31743420000 \text{ mg/kg/hari}$$

10. Pekerja NS

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

$$RQ = \frac{0,00146326416 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.32516982222 \text{ mg/kg/hari}$$

11. Pekerja RM

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

$$RQ = \frac{0,0014827223 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.32949384444 \text{ mg/kg/hari}$$

12. Pekerja FR

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

$$RQ = \frac{0,000393661153 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.08748026667 \text{ mg/kg/hari}$$

13. Pekerja HZ

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

$$RQ = \frac{0,000126533942 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.02811864444 \text{ mg/kg/hari}$$

14. Pekerja SN

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

$$RQ = \frac{0,000248006527 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.05511255556 \text{ mg/kg/hari}$$

15. Pekerja YS

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

$$RQ = \frac{0,000190602916 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.04235620000 \text{ mg/kg/hari}$$

RQ Pajanan Lifetime

1. Pekerja FY

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

$$RQ = \frac{0,00315757339 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.70168297778 \text{ mg/kg/hari}$$

2. Pekerja BU

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

$$RQ = \frac{0,00388529538 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.86339900000 \text{ mg/kg/hari}$$

3. Pekerja EA

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

$$RQ = \frac{0,00311914239 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.69314275556 \text{ mg/kg/hari}$$

4. Pekerja ML

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

$$RQ = \frac{0,00612785806 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.36174624444 \text{ mg/kg/hari}$$

5. Pekerja AM

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

$$RQ = \frac{0,0041508746 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.92241657778 \text{ mg/kg/hari}$$

6. Pekerja AP

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

$$RQ = \frac{0,00176200391 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.39155642222 \text{ mg/kg/hari}$$

7. Pekerja BL

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

$$RQ = \frac{0,00749715391 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.66603308889 \text{ mg/kg/hari}$$

8. Pekerja YE

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

$$RQ = \frac{0,00597725943 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.32827986667 \text{ mg/kg/hari}$$

9. Pekerja MH

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

$$RQ = \frac{0,00473037983 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.05119551111 \text{ mg/kg/hari}$$

10. Pekerja NS

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

$$RQ = \frac{0,0073163208 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.62584906667 \text{ mg/kg/hari}$$

11. Pekerja RM

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

$$RQ = \frac{0,00635452425 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 1.41211651111 \text{ mg/kg/hari}$$

12. Pekerja FR

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

$$RQ = \frac{0,00147622933 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.32805095556 \text{ mg/kg/hari}$$

13. Pekerja HZ

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

$$RQ = \frac{0,000664303196 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.14762315556 \text{ mg/kg/hari}$$

14. Pekerja SN

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

$$RQ = \frac{0,00106288511 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.23619780000 \text{ mg/kg/hari}$$

15. Pekerja YS

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

$$RQ = \frac{0,000714760937 \text{ mg/kg/hari}}{0,0045 \text{ mg/kg/hari}}$$

$$RQ = 0.15883575556 \text{ mg/kg/hari}$$

LAMPIRAN 3

KUESIONER PENELITIAN



KEMENKES POLTEKKES RI PADANG

ANALISIS RISIKO GANGGUAN SALURAN PERNAPASAN AKIBAT PAJANAN PM_{2,5} PADA PEKERJA BATU AKIK DI PASAR PALAPA KOTA PEKANBARU TAHUN 2025

Dengan Hormat,

Saya Mahasiswa Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Padang Bapak/Ibu. Kami sedang melakukan penelitian tentang “**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN**”.

Kami sangat mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi formulir kuesioner ini, karena sangat berguna bagi ilmu pengetahuan, khususnya pemerintah dalam mengatasi masalah pencemaran udara di bidang industri Batu Akik.

Kuesioner ini tidak berpengaruh terhadap Bapak/Ibu. Perlu kami tegaskan bahwa:

1. Kami menjamin kerahasiaan identitas pribadi serta jawaban yang Bapak/Ibu berikan.
2. Jawaban jujur dari Bapak/Ibu sangat kami harapkan dan bermanfaat untuk kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Kesehatan.
3. Setelah Praktek Lapangan ini selesai, kuesioner ini akan kami amankan.

Dalam kegiatan penelitian ini ketenangan dan waktu Bapak/Ibu mungkin akan terganggu karena kami akan menanyakan beberapa data antropometri, seperti berat badan, pola aktivitas (lama paparan dan frekuensi paparan) serta karakteristik demografi (umur dan jenis kelamin). Kami mengharapkan kerjasama Bapak/Ibu untuk menjelaskan hal-hal yang kami butuhkan dengan sejujurnya dan serinci-rincinya. Penelitian ini insyaAllah bermanfaat bagi kita semua. Untuk itu kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi Bapak/Ibu sebagai responden.

Pewawancara

Responden

()

()

No. Responden :
No. Responden :
Tanggal Wawancara :

DATA UMUM

1. Nama :
2. Umur : Tahun
3. Jenis Kelamin :
4. Alamat rumah :
5. Pendidikan Terakhir :
 1. Tidak Tamat SD
 2. SD
 3. SLTP
 4. SLTA
 5. D3
 6. S1

KARAKTERISTIK ANTROPOMETRI DAN POLA AKTIVITAS

1. Berat Badan : kg
2. Lama di Rumah :
 - a. jam/hari (Pukul.....s/d.....)
 - b. hari/minggu
 - c. tahun awal tinggal/ lama tinggal.....th
3. Lama Libur :
 - a. Dalam 1 minggu : hari
 - b. Dalam 1 bulan : hari
 - c. Libur Lebaran : hari
 - d. Total Libur dalam 1 tahun:hari

LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI



Pengambilan sampel di titik depan pasar



Pengambilan sampel di titik tengah pasar



Gambar Alat pengambilan sampel



Gambar alat pengambilan sampel (tampak dalam alat)



Proses pengambilan sampel di titik belakang pasar	Foto bagian depan pasar (tempat pengambilan sampel)
	
Proses wawancara dengan pekerja bagian tengah titik pengambilan sampel	Proses wawancara dengan pekerja bagian tengah titik pengambilan sampel
	
Proses wawancara dengan pekerja bagian belakang titik pengambilan sampel	Proses wawancara dengan pekerja bagian belakang titik pengambilan sampel
	
Proses wawancara dengan pekerja bagian depan titik pengambilan sampel	Proses wawancara dengan pekerja bagian depan titik pengambilan sampel



Penimbangan Berat badan responden



Penimbangan Berat badan responden



Penimbangan Berat badan responden



Penimbangan Berat badan responden



Penimbangan Berat badan responden



Pekerja sedang melakukan pengasahan



Pekerja sedang melakukan pengasahan

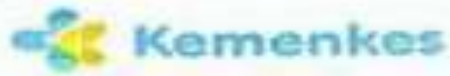


Pemeriksaan sampel

LAMPIRAN 5

SURAT IZIN PENELITIAN

		Kementerian Kesehatan Direktorat Jenderal Sumber Daya Manusia Kesehatan Poltekkes Kesehatan Padang Jl. Jend. Sudirman Ponds Kota Pangreh Padang, Sumatera Barat 26136 Telp: 075-750000 http://www.poltekkes-pdg.ac.id
Nomor	: PP.03.01/P.XXXX/13/2.1/2025	Padang, 16 Juni 2025
Lamp	: -	
Portol	: Izin Penelitian	
Yth. Pengelola Pasar Palapa Kota Pekanbaru Pekantari		
Sesuai dengan tuntutan Kurikulum Jurusan Kesehatan Lingkungan Kementerian Poltekkes Padang, Mahasiswa Tingkat Akhir Program Studi Sarjana Terapan Kesehatan Lingkungan Jurusan Kesehatan Lingkungan Kementerian Poltekkes Padang diwajibkan untuk membuat suatu penelitian berupa Skripsi, dimana lokasi penelitian Mahasiswa tersebut adalah tempat yang Bapak/Ibu pimpin. Selubungan dengan hal tersebut kami mohon kesediaan Bapak/Ibu untuk dapat memberi izin mahasiswa kami untuk melakukan penelitian. Adapun mahasiswa tersebut adalah :		
Nama	: Azra Putri Suryanti	
NIM	: 211210522	
Judul Penelitian	: Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernafasan Akibat Paparan PM 2.5 Pada Pekerja Batu Aki Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru	
Tempat Penelitian	: Pasar Palapa Kota Pekanbaru	
Waktu	: 16 Juni s.d 31 Agustus 2025	
Demikianlah kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.		
		Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan  Dr. Muchsin Riviwaher, SKM, M.Si NIP 19700629 199303 1 001
Tembusan :		
1. Pemilih Usaha Pengrajin Batu Aki Pasar Palapa Pekanbaru		
2. Arsip		

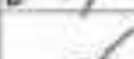
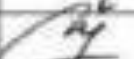
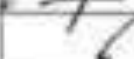


© 2007 Pearson Education, Inc. All rights reserved. Printed in the United States of America. This publication is protected by copyright. Permission is granted to reproduce this document for personal or internal use, on the condition that it is not distributed, sold, or otherwise made available to the public. For more information, contact Pearson Education, Inc., 501 Boylston Street, Boston, MA 02116.

- ✉ john.forsberg@franklin.org franklin.org
 📞 603.883.8200 ext. 2110
 📠 603.883.8200
 🌐 <http://www.franklin.org>

PRODI SARJANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN JURUSAN KESIHATAN LINGKUNGAN
KESEKTES POLTERKES PADJANG

Nama: Ayesa Putri Setyaningsih
NIM: 211210522
Penyembimbing Utama: Dr. Darban Muslim, S.KM, M.Si
Judul: Analisis Risiko Gangguan Sistem Perencanaan Akibat Pajanan PM₁₀ Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Puluha Kota Pekanbaru Tahun 2023

No.	Tanggal	Kegiatan atau Survei Perbandingan	Tanda tangan
1.	24 Juni 2021	Survei pada instalasi pemukiman	
2.	25 Juni 2021	Survei pemukiman pada hasil	
3.	26 Juni 2021	Survei pada lokasi khusus	
4.	30 Juni 2021	Survei pada kesimpulan dan saran	
5.	3 Juli 2021	Survei pada instalasi pemukiman pada pembangunan di BAK IV	
6.	4 Juli 2021	Survei pada pemukiman	
7.	7 Juli 2021	Survei pada BAK V	
8.	4 Juli 2021	Survei Perbaikan	

Matriyetalaj,
Keruan Petala Sanyan
Terngax Nanatani Lingkaran

Dr. A. H. Özgün, SKM, M. K. K.
SAP, 19721106, 19750311 and

Untuk grafik ini, terlihat bahwa setiap kali ada perubahan pada variabel bebas, maka variabel terikat akan berubah. Hal ini menunjukkan bahwa variabel terikat dipengaruhi oleh variabel bebas.



PROSEDUR SARANA TERAPAN SANITASI LINGKUNGAN RUMAH KESEHATAN LINGKUNGAN
KEMISKES POLTEKKES PADANG

Nama : Anna Putri Suryani
 NIM : 211210122
 Pembimbing Pendamping : Afrida, ST, M.Si
 Judul : Analisis Risiko Cenggan Sakarum Ferrugusan Akibat Fajana
 PM_{2.5} Pada Pekerja Batu Akik Di Pasar Palapa Kota Pekanbaru
 Tahun 2025

No	Tanggal	Kegiatan atau Sesi Pembimbing	Tanda tangan
1.	25 Juni 2025	Revisi pendahuluan	
2.	26 Juni 2025	Revisi pada abstrak	
3.	30 Juni 2025	Revisi pada kesimpulan dan saran	
4.	1 Juli 2025	Revisi pada sistematika penulisan pada pembahasan di BAB IV	
5.	2 Juli 2025	Revisi pada pembahasan	
6.	3 Juli 2025	Revisi pada BAB V	
7.	4 Juli 2025	Revisi penulisan daftar pustaka	
8.	7 Juli 2025	Solusi Perbaikan	

Menyatakan,

 Ketua Prodi Sarjana
 Terapan Sanitasi Lingkungan



Dr. Alid Chazali, SKM, M.Kes
 NIP. 19721106 199903 1 005

SKRIPSI FINISH AZRAAAAAA

ORIGINALITY REPORT

25%	23%	10%	11%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

Internet Sources

1	journal.poltekkes-mks.ac.id Internet Source	6%
2	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	2%
3	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	2%
4	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	1%
5	ejurnal.ung.ac.id Internet Source	1%
6	ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id Internet Source	1%
7	Sindi Wahyu Rinanti, Evino Sugriarta, Afridon Afridon, Sri Lestari Adriyanti, Muchsin Riwianto. "Analisis Risiko Gangguan Saluran Pernapasan Pada Pedagang Akibat Paparan Debu Total Suspended Particulate Udara Ambien", Jurnal Sehat Mandiri, 2023 Publication	1%
8	scholar.unand.ac.id Internet Source	1%
9	www.scribd.com Internet Source	1%
10	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan	1%