



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN DENGAN
RISK AGENT TOTAL SUSPENDEDED PARTICULATE (TSP)
PADA PEKERJA SENTRA INDUSTRI PENGASAPAN IKAN
BANDARHARJO KOTA SEMARANG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Disusun oleh:

Siti Khamidah

NIM. 6411415003

**JURUSAN ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

ABSTRAK

Siti Khamidah

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dengan *Risk Agent Total Suspended Particulate* (TSP) pada Pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang XV+ 134 halaman+ 20 tabel + 10 gambar + 10 lampiran

Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo adalah industri skala rumah tangga yang memproduksi ikan asap. Kegiatan pengasapan dilakukan di Ruang tertutup dengan jumlah cerobong yang terbatas (1 cerobong asap untuk 3-4 tungku). Kadar debu total mencapai $11,727 \text{ mg/m}^3$ (Ernawati, 2017). Tingginya kadar debu tersebut menyebabkan 81,2% pekerja mempunyai gangguan kapasitas fungsi paru (Dewi, 2017). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko pajanan TSP terhadap kesehatan pekerja.

Jenis penelitian ini adalah *cross sectional* dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Sampel ditetapkan sebanyak 73 orang yang terbagi dalam 3 skala industri. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *stratified random sampling*. Teknik pengambilan TSP menggunakan *Low Volume Sampler* sesuai dengan ketentuan SNI 16-7058-2004.

Hasil Penelitian ini adalah konsentrasi *Total Suspended Particulate* di industri skala kecil, menengah, dan besar secara berturut-turut adalah: $1,58 \text{ mg/m}^3$, $1,67 \text{ mg/m}^3$, $3,27 \text{ mg/m}^3$ (NAB 10 mg/m^3). Rata-rata nilai *intake*/asupan harian TSP pada pekerja adalah $0,11 \text{ mg/kg/hari}$ dengan nilai minimum $0,003 \text{ mg/kg/hari}$ dan nilai maksimum $0,31 \text{ mg/kg/hari}$ (Rfc $0,83 \text{ mg/kg/hari}$). Tingkat risiko seluruh pekerja kurang dari 1 ($RQ < 1$) untuk pajanan *realtime* maupun *lifespan*. Hal ini menunjukkan bahwa pajanan TSP tidak berisiko walaupun terpajan sepanjang hayat.

Saran dari penelitian ini adalah memperhatikan faktor-faktor lingkungan dalam ruangan kerja.

Kata Kunci : ARKL, TSP, Pengasapan Ikan
Kepustakaan : 75 (1987-2018)

ABSTRACT

Siti Khamidah

Environmental Health Risk Assessment of Total Suspended Particulate (TSP) on Workers of Bandarharjo Smoked Fish Industry Semarang

XV+ 134 pages+ 20 tables+ 10 figures + 10 appendices

Bandarharjo Smoked fish industry is a household industry that produces smoked fish. The smoking activity is carried out in a closed room with a limited chimneys (1 chimney for 3-4 stoves). Total dust levels reached 11,727 mg /m³ (Ernawati, 2017). The high level of dust causes 81.2% of workers have pulmonary function disorders (Dewi, 2017). The purpose of this study was to determine the level of risk of TSP exposure to workers' health.

This type of research is cross sectional by studying the Environmental Health Risk Assessment (EHRA). Number of sample is 73 people that divided into 3 industrial scales. The sampling technique uses the stratified random sampling technique. TSP was collected using Low Volume Samplers according of SNI 16-7058-2004 provisions.

The results of this study are the concentration of Total Suspended Particulate in small, medium and large scale industries respectively: 1.58 mg/m³, 1.67 mg/m³, 3.27 mg/m³ (NAB: 10 mg/m³). The average daily intake/TSP intake for workers is 0.11 mg/kg/day with a minimum value 0.003 mg/kg/day and the maximum value is 0.31 mg/kg/day (Rfc: 0.83 mg/kg/day) The risk level of all workers is less than 1 (RQ <1) for realtime and lifespan exposure. It means TSP exposure is not risky even it is exposed throughout life.

Suggestions from this research is to pay attention to environmental factors in the workspace.

Keywords : EHRA, TSP, Smoked Fish

Literature : 75 (1987-2018)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah digunakan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penelitian manapun yang belum atau tidak diterbitkan, sumber dijelaskan dalam daftar pustaka. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini diikuti atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 5 Agustus 2019

Penulis,



Siti Khamidah

NIM. 6411415003

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dengan *Risk Agent Total Suspended Particulate* (TSP) pada Pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang” yang disusun oleh Siti Khamidah NIM 6411415003 telah dipertahankan di hadapan panitia pada Ujian Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, yang dilaksanakan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 23 Juli 2019

Tempat : Ruang Ujian Jurusan IKM B



Panitia Ujian
Sekretaris,

Dr. Irwan Budiono, S.K.M., M.Kes(Epid)
NIP.19751217200501103

	Dewan Penguji	Tanggal
Penguji I	 Dr. dr. Yuni Wijayanti, M.Kes. NIP. 196606092001122001	30-7-2019
Penguji II	 Arum Siwiendrayanti, S.K.M., M.Kes. NIP. 198009092005012002	31/7-2019
Penguji III	 Rudatin Windraswara, S.T., M.Sc. NIP. 198208112008121004	31/7-2019

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. The journey of a thousand miles begins with one step (Lao Tzu)
2. You need to long learn if you want to long run (Oh Su Hyang)
3. Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan (Q.S.Al-Insyirah:6)
4. Kepuasan terletak pada usaha bukan pada hasil. Berusaha dengan keras adalah kemenangan yang hakiki (Mahatma Gandi)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Almamater Tercinta

Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat

Fakultas Ilmu Keolahragaan

Universitas Negeri Semarang

PRAKATA

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan anugerah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Dengan *Risk Agent Total Suspended Particulate* (TSP) Pada Pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang”. Karena itu dengan tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd., Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang.
3. Irwan Budiono, S.K.M., M.Kes.(Epid)., Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang.
4. Rudatin Windraswara, S.T., M.Sc., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr.dr. Yuni Wijayanti, M.Kes. penguji pertama atas saran dan masukannya.
6. Arum Siwiendrayanti, S.K.M., M.Kes. penguji kedua atas saran dan masukannya.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan di jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang.

8. Kepala Puskesmas Bandarharjo atas izin penelitian yang telah diberikan dan telah membantu memberikan informasi saat penelitian berlangsung.
9. Bapak Januari, Ketua Koperasi Perajin Ikan (KOPIN) atas izin penelitian yang telah diberikan dan telah membantu memberikan informasi dan mendampingi saat penelitian berlangsung.
10. Kepala Balai Kesehatan Kerja Provinsi Jawa Tengah, yang telah memberikan dukungan serta pendampingan selama penelitian berlangsung.
11. Kedua orang tua tercinta Ibu Aminah dan Bapak Saripudin, yang telah memberikan dorongan semangat, kasih sayang dan doanya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
12. M. Ikhwannudin, yang telah memberikan dukungan tulus kepada penulis, baik dukungan materi, doa, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat selesai tepat waktu.
13. Teman-teman Ilmu Kesehatan Masyarakat 2015 yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan skripsi ini.
14. Teman-teman Kesehatan Lingkungan 2017 yang luar biasa semoga apa yang telah kita lalui bersama menjadi bagian hidup yang sangat indah dan tidak akan terlupakan. *See you on top !*
15. Teman-teman Kos Ekasari, atas dukungan, motivasi dan segala bentuk perhatian yang dicurahkan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

16. Semua pihak yang terlibat dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Apabila ada kritik dan saran yang membangun penulis akan menerima dengan senang hati demi perbaikan penelitian mendatang. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Semarang, 5 Agustus 2019

Siti Khamidah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1.PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	6
1.2.1 Rumusan Masalah Umum	6
1.2.2 Rumusan Masalah Khusus	6
1.3 TUJUAN	6
1.3.1 Tujuan Umum.....	6
1.3.2 Tujuan Khusus.....	7
1.4 MANFAAT PENELITIAN	7
1.5 RUANG LINGKUP	8
1.5.1 Ruang Lingkup Tempat.....	8
1.5.2 Ruang Lingkup Waktu	8
1.5.3 Ruang Lingkup Materi	8
1.6 KEASLIAN PENELITIAN.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 LANDASAN TEORI	13
2.1.1 <i>Total Suspended Particulate</i>	13
2.1.2 Toksisitas <i>Total Suspended Particulate</i>	24

2.1.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	31
2.2 KERANGKA TEORI.....	39
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 KERANGKA KONSEP	40
3.2 VARIABEL PENELITIAN.....	41
3.2.1 Variabel Bebas	41
3.2.2 Variabel Antara	41
3.2.3 Variabel Pengganggu	41
3.2.4 Variabel Terikat.....	41
3.3. HIPOTESIS PENELITIAN.....	41
3.4 DEFINISI OPERASIONAL DAN SKALA PENGUKURAN VARIABEL	42
3.5 JENIS DAN RANCANGAN PENELITIAN	43
3.6 POPULASI DAN SAMPEL.....	46
3.6.1 Populasi Penelitian	46
3.6.2 Sampel Penelitian	46
3.7 SUMBER DATA PENELITAN.....	49
3.7.1 Data Primer.....	49
3.7.2 Data Sekunder	49
3.8 INSTRUMEN PENELITIAN DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	49
3.8.1 Instrumen Penelitian.....	49
3.8.2 Teknik Pengambilan Data	50
3.9 PROSEDUR PENELITIAN	50
3.9.1 Tahap Persiapan	50
3.9.2 Tahap Penelitian	51
3.10 TEKNIK ANALISIS DATA	52
3.10.1 Teknik Pengolahan Data	52
3.10.2 Analisis Data	53
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	56
4.1 GAMBARAN UMUM	56
4.2 ANALISI UNIVARIAT	62
4.2.1 Karakteristik Individu Pekerja Pengasapan Ikan Bandarharjo.....	62
4.2.2 Pola Aktivitas Pekerja Pengasapan Ikan Bandarharjo	63
4.3. ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN	66

4.3.1 Identifikasi Bahaya.....	66
4.3.2. Analisis Dosis Respon.....	67
4.3.3 Analisis Paparan TSP	69
4.3.4 Karakterisasi Risiko	73
BAB V PEMBAHASAN	76
5.1 ANALISIS HASIL PENELITIAN	76
5.1.1 Karakteristik Individu dan Pola Aktivitas Pedagang	76
5.1.2 Analisis Pola Aktivitas Pekerja Pengasapan Ikan Bandarharjo	79
5.1.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	82
5.2 HAMBATAN DAN KELEMAHAN PENELITIAN.....	90
5.2.1 Hambatan Penelitian.....	90
5.2.2 Kelemahan Penelitian.....	92
BAB VI PENUTUP	93
6.1 SIMPULAN	93
6.2 SARAN.....	94
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	102

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian.....	8
Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel.....	42
Tabel 4.1 Distribusi Frekuensi Umur Berdasarkan Lokasi Sampling.....	62
Tabel 4.2 Distribusi Frekuensi Jenis Kelamin Berdasarkan Lokasi Sampling.....	62
Tabel 4.3 Distribusi Frekuensi Berat Badan Berdasarkan Lokasi Sampling.....	63
Tabel 4.4 Distribusi Frekuensi Lama Pajanan Berdasarkan Lokasi Sampling.....	64
Tabel 4.5 Distribusi Frekuensi Paparan Pekerja.....	64
Tabel 4.6 Distribusi Frekuensi Durasi Pajanan Berdasarkan Lokasi Sampling..	65
Tabel 4.7 Distribusi Frekuensi Pajanan Berdasarkan Lokasi Sampling.....	66
Tabel 4.8 Distribusi Frekuensi Paparan Pekerja.....	66
Tabel 4.9 Konsentrasi TSP Berdasarkan Lokasi Sampling.....	67
Tabel 4.10 Karakteristik Individu dan Pola Pajanan Pekerja Berdasarkan Lokasi Sampling.....	69
Tabel 4.11 <i>Intake</i> Populasi Berdasarkan Lokasi Sampling Pajanan <i>Realtime</i>	70
Tabel 4.12 <i>Intake</i> Populasi Berdasarkan Lokasi Sampling Pajanan <i>Lifespan</i>	71
Tabel 4.13 <i>Intake</i> Individu Pajanan <i>Realtime</i>	72
Tabel 4.14 Distribusi Frekuensi <i>Intake</i> Pekerja.....	72
Tabel 4.15 Tingkat Risiko Populasi Berdasarkan Lokasi Sampling Pajanan <i>Realtime</i>	73
Tabel 4.16 Tingkat Risiko Populasi Berdasarkan Lokasi Sampling Pajanan <i>Lifespan</i>	74
Tabel 4.17 Tingkat Risiko Individu Pajanan <i>Realtime</i>	74
Tabel 4.18 Distribusi Frekuensi Tingkat Risiko.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Pernapasan Manusia.....	16
Gambar 2.2 Impinger.....	21
Gambar 2.3 <i>High Volume Sampler</i>	22
Gambar 2.4 <i>Low Volume Sampler</i>	23
Gambar 2.5 Kerangka Teori.....	39
Gambar 3.1 Kerangka Konsep.....	40
Gambar 4.1 Peta Lokasi Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo.....	57
Gambar 4.2 Rumah Pengasapan Industri Kecil.....	58
Gambar 4.3 Rumah Pengasapan Industri Menengah.....	58
Gambar 4.4 Rumah Pengasapan Industri Besar.....	59
Gambar 4.5 Bagan Alir Proses Produksi Ikan Asap.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dosen Pembimbing	102
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	103
Lampiran 3 Surat Keterangan Telah Melaksanakan Penelitian	104
Lampiran 4 <i>Ethical Clearance</i>	105
Lampiran 5 Surat Keikutsertaan dalam Penelitian.....	106
Lampiran 6 Instrumen Penelitian	106
Lampiran 7 Laporan Hasil Uji Lab	109
Lampiran 8 Rekap Data Hasil penelitian	112
Lampiran 9 Analisis Univariat	114
Lampiran 10 Rekap Perhitungan <i>Intake</i> dan Tingkat Risiko Individu	115
Lampiran 11 Dokumentasi	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara bersih yang kita hirup merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sudah sulit diperoleh, terutama di kota-kota besar yang banyak industrinya dan padat lalu lintasnya (Wardana, 2004).

Perkembangan dunia industri yang sangat pesat mengakibatkan penggunaan energi terus meningkat. Energi yang dikeluarkan oleh proses kegiatan industri mengakibatkan peningkatan zat pencemar di udara sebagai hasil dari proses pembakaran. Zat pencemar tersebut dapat berupa CO_x, NO_x, SO_x, maupun TSP yang dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Banyak kota-kota di dunia dilanda oleh permasalahan lingkungan, terutama permasalahan pencemaran udara sebagai akibat pesatnya pertumbuhan industri dan transportasi yang sudah menjadi tuntutan di zaman seperti sekarang ini (Soemawarto, 2004). Menurut WHO gas pencemar udara yang dihasilkan oleh transportasi, pembuangan limbah serta industri diperkirakan menyebabkan kematian 3,7 juta orang di dunia pada tahun 2012. Kematian tersebut disebabkan oleh beberapa penyakit yang disebabkan oleh zat pencemar udara seperti penyakit jantung iskemik dan stroke yang menyumbang kematian sebesar 40%, Penyakit

Paru Obstruktif Kronis (PPOK) sebesar 11%, kanker paru sebesar 6 %, serta Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada anak-anak sebesar 3 %.

Salah satu penyebab kematian oleh pencemaran udara terjadi karena penggunaan biomassa. Penggunaan biomassa merupakan sumber utama dari penyebab gangguan saluran pernapasan. Populasi yang rentan terpapar biomassa tersebut adalah ibu rumah tangga yang terpapar asap dapur dan asap rokok serta laki-laki pekerja yang terpapar asap industri (WHO, 2016). Pembakaran biomassa di perkebunan tebu Brazil, menyebabkan kenaikan angka morbiditas asma sebesar 11,6% untuk setiap peningkatan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ TSP (Marcos, 2007). Selain menyebabkan gangguan pernapasan, pembakaran biomassa secara tradisional menyebabkan terjadinya reaksi inflamasi yang menyebabkan genotoksisitas atau bersifat karsinogenik (Brunner, *et al* 2010).

Penggunaan biomassa banyak digunakan sebagai salah satu bahan bakar industri. Salah satu industri yang menggunakan biomassa adalah industri pengasapan ikan di Kelurahan Bandarharjo Kota Semarang. Saat ini permasalahan pada kawasan pengasapan ikan Bandarharjo antara lain berupa limbah asap produksi dan limbah ikan, serta kurang optimalnya sarana dan prasarana. Hal ini akan menimbulkan lingkungan yang tidak sehat dan kotor (Widowati, *et al* 2013). Kerusakan yang ditimbulkan ini, menyebabkan kerugian lingkungan sebesar Rp. 11.927.000,- dan kerugian kesehatan masyarakat sebesar Rp. 1.950.000,- setiap bulan (Dzaki & Sugiri, 2015).

Biomassa yang digunakan oleh pengasap ikan adalah tempurung kelapa. Menurut hasil penelitian Maryono, *et al* (2013) kadar abu yang dihasilkan dari

proses pembakaran briket tempurung kelapa mencapai 9,9411%. Sedangkan menurut SNI kadar debu maksimal yang diperbolehkan adalah 8%. Maka, dapat disimpulkan bahwa kadar debu yang dihasilkan oleh pembakaran briket tempurung kelapa tidak memenuhi SNI. Partikel halus yang dihasilkan oleh pembakaran biomassa mengandung beberapa zat kimia berbahaya seperti klorin (Cl) Kalsium (Ca), Kalium (K) dan Natrium (Na), Silika (Si), dan Timbal (Pb) (Silva, 2015).

Menurut hasil penelitian Prasetyotomo, dkk (2015) konsentrasi TSP terbesar yang dihasilkan oleh industri pengasapan ikan Bandarharjo adalah $872,877 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sedangkan untuk PM 2.5 yaitu sebesar $4018 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Hasil tersebut telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 yaitu $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dari hasil penelitian tersebut juga menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara konsentrasi TSP dan PM 2.5 terhadap kesehatan para pekerja. Menurut hasil pengukuran Ernawati (2017) kadar debu maksimal yang dihasilkan oleh industri pengasapan ikan Bandarharjo adalah $11,727 \text{ mg}/\text{m}^3$. Kadar debu ini telah melebihi NAB yang telah ditentukan oleh Permenaker No. 13/MEN/2011 yaitu $10 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Menurut hasil survey pendahuluan, pekerja industri pengasapan ikan bekerja selama 8-12 jam setiap harinya. Kegiatan pengasapan dilakukan di ruang tertutup dengan jumlah cerobong yang terbatas (1 cerobong asap untuk 3-4 tungku). Tempat penyimpanan bahan bakar menjadi satu dengan ruang pengasapan. Sirkulasi udara yang tidak baik menyebabkan asap tidak

sepenuhnya bisa keluar melalui cerobong, sehingga ruang pengasapan terlihat kotor dan berdebu (Widowati, *et al* 2013).

Adanya permasalahan lingkungan di industri pengasapan ikan Bandarharjo menyebabkan menurunnya kesehatan pekerja. Menurut penelitian Dewi (2017) bahwa sebanyak 18,8% pekerja mempunyai kapasitas fungsi paru yang bernilai normal dan sebanyak 81,2% pekerja mempunyai gangguan kapasitas fungsi paru. Berdasarkan data dari UKK (Unit Kesehatan Kerja) Puskesmas Bandarharjo, pada Januari 2019, dari total 20 pekerja per bulan yang diperiksa, semuanya memiliki frekuensi pernapasan lebih dari 20 kali per menit. Frekuensi pernapasan yang lebih dari 20 kali per menit menandakan adanya penurunan ketegangan paru dan penurunan ventilasi udara yang menyebabkan volume udara yang masuk dan keluar terganggu. Keadaan seperti itu disebut takipnea. Takipnea adalah gejala yang terdapat pada pneumonia, kongesti paru, edema, ataupun kelainan dada restriktif lainnya (Djojodibroto, 2015).

Menurut hasil studi pendahuluan, total dari 23 pekerja mempunyai masa kerja 15-45 tahun sebagai pengasap ikan. Pekerja yang terpapar partikel debu dalam jangka waktu >10 tahun mempunyai risiko 15 kali lebih besar untuk mengalami gangguan fungsi paru daripada pekerja yang masa kerjanya kurang dari 10 tahun (Budiono, 2007). Ketika pekerja bernapas, partikel yang berukuran <6 mikron akan tertangkap disaluran pernapasan bawah, sedangkan partikel dengan ukuran <2,5 mikron akan terdeposisi di alveolus. Semakin kecil ukuran partikel dan semakin besar konsentrasinya akan memperbesar kemungkinan untuk terdeposisi di alveolus (Djojodibroto, 2015). Selain itu, proses pengasapan

menyebabkan pembentukan H₂S yang merusak aroma dan mereduksi ketersediaan sistein dalam produk, sehingga cara pengolahan yang dilakukan tanpa melalui standarisasi kesehatan, sangat berbahaya bagi kesehatan dan merugikan kesehatan pekerja secara periodik (Heruwati, 2002).

Dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh industri pengasapan ikan sudah merugikan kesehatan pekerja dan kerugian secara ekonomi. Mengingat kegiatan ini sudah berjalan, maka hal yang dapat dilakukan untuk mengelola lingkungan adalah dengan menggunakan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Metode ARKL merupakan metode sistematis yang digunakan untuk pengambilan keputusan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Pada aplikasinya, ARKL digunakan untuk mencermati potensi besarnya risiko saat ini dan di masa yang akan datang, serta menentukan hal-hal yang dapat dilakukan untuk pengelolaan risikonya.

Sebelum dilakukan pengelolaan risiko, diperlukan beberapa langkah untuk menentukan langkah yang tepat yaitu: identifikasi bahaya (*hazard identification*), analisis dosis-respon (*dose-response assessment*), analisis pemajanan (*exposure assessment*) dan karakterisasi risiko (*risk characterization*). Oleh karena itu, perlu dilakukannya analisis mengenai risiko kesehatan lingkungan pajanan TSP dengan beberapa langkah yaitu: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis pemajanan dan karakterisasi risiko pada pekerja pengasapan ikan di Bandarharjo.

1.2 RUMUSAN MASALAH

1.2.1 Rumusan Masalah Umum

Bagaimana tingkat risiko kesehatan lingkungan melalui analisis risiko pajanan TSP pada pekerja di Sentra Industri Rumah Tangga Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang ?

1.2.2 Rumusan Masalah Khusus

- a. Bagaimana identifikasi bahaya yang terjadi di Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang?
- b. Berapakah nilai Rfc (konsentrasi referensi) untuk *risk agent Total Suspended Particulate* beserta efek kesehatan yang dapat ditimbulkannya?
- c. Berapa *intake*/asupan TSP pada pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang?
- d. Bagaimana tingkat risiko (RQ) *realtime*/paparan selama bekerja sebagai pengasap ikan dan *lifespan*/proyeksi dalam 30 tahun yang akan datang pada pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang?

1.3 TUJUAN

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui tingkat risiko kesehatan lingkungan melalui analisis risiko pajanan TSP pada pekerja di Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi bahaya yang terjadi di Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang.
- b. Mengetahui nilai Rfc (konsentrasi referensi) untuk *risk agent Total Susended Particulate* beserta efek kesehatan yang dapat ditimbulkannya.
- c. Mengetahui *intake*/asupan TSP pada pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang.
- d. Mengetahui tingkat risiko (RQ) *realtime*/paparan selama bekerja sebagai pengasap ikan dan *lifespan*/proyeksi dalam 30 tahun yang akan datang pada pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

- a. Bagi Peneliti, diharapkan dapat menambah wawasan peneliti dan melatih keterampilan peneliti dalam melakukan analisis risiko kesehatan lingkungan. Selain itu juga dapat mengembangkan pola pikir peneliti yang lebih luas dalam menganalisis pengelolaan risiko dari permasalahan kesehatan lingkungan di industri lainnya.
- b. Bagi institusi pendidikan khususnya Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, diharapkan dapat menjadi informasi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian lebih lanjut terkait Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).
- c. Bagi Institusi kerja yang menjadi sasaran penelitian, dapat melakukan manajemen risiko dalam mengatasi masalah-masalah kesehatan dan lingkungan dari pajanan TSP.

- d. Bagi masyarakat, dapat mengetahui tingkatan risiko yang ditimbulkan oleh kegiatan pengasapan ikan, sehingga masyarakat dapat menjaga kesehatannya agar faktor risiko penyakit bisa diminimalisasi.

1.5 RUANG LINGKUP

1.5.1 Ruang Lingkup Tempat

Lokasi penelitian dilakukan di Sentra Industri Pengasapan Ikan Kelurahan Bandarharjo Kecamatan Semarang Utara Kota Semarang.

1.5.2 Ruang Lingkup Waktu

Waktu penelitian pada bulan April 2019.

1.5.3 Ruang Lingkup Materi

Penelitian ini berkaitan dengan Ilmu Kesehatan Masyarakat dengan penekanan pada bidang Kesehatan Lingkungan.

1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM 2,5 pada Pedagang Tetap di Terminal Kampung Rambutan	Avita Falahdina	2017, di Terminal Kampung Rambutan	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	Variabel bebas : konsentrasi PM 2,5 Variabel terikat : <i>Risk Quetient</i> (RQ)	Pedagang tetap di Terminal Kampung Rambutan berisiko terhadap penurunan fungsi paru akibat paparan PM

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
2	Analisis Kualitas <i>Total Suspended Particulate</i> (TSP) Dalam Ruangan Pada Proses Pengasapan (Studi Kasus: Sentra Pengasapan Ikan Bandarharjo, Kota Semarang)	Darundana Endro Prasetyotomo; Dr. Haryono Setiyo Huboyo, ST, MT; Ir. Mochtar Hadiwidodo,	2014, di Sentra Industri Rumah Tangga Pengasapan Ikan Bandarharjo Semarang	Deskriptif kuantitatif	Variabel Jumlah produksi Variabel terikat : Kandungan TSP dan PM 2,5	2,5 dalam pajanan <i>realtime</i> maupun <i>lifespan</i> 30 tahun mendatang Konsentrasi TSP tertinggi yang didapatkan ialah sebesar 872,877 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan untuk PM 2.5 yaitu sebesar 4018 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Terdapatnya hubungan yang kuat antara konsentrasi TSP dan PM 2.5 terhadap akibat dari cemaran yang ditimbulkan pada proses pengasapan dalam hal ini berkaitan

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
						dengan kesehatan para pekerja.
3	Hubungan debu total ruang pengasapan ikan dengan gangguan fungsi paru pada pengasapan ikan Banjarharjo Kota Semarang tahun 2003	Estri Aurorina	2003, di Sentra Industri Rumah Tangga Pengasapan Ikan Bandarharjo Semarang	<i>Cross-sectional</i>	Variabel bebas : debu total ruang pengasapan Variabel terikat : gangguan fungsi paru	rata-rata kadar debu dari 10 ruang pengasapan sebesar 10,93 mg/m ³ . Pengasapan (45 orang) yang mengalami gangguan fungsi paru
4	Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Gambaran Fungsi Paru (Studi Kasus Pekerja Sentra Pengasapan Ikan Bandarharjo)	Mei Ermawati	2018, di Sentra Industri Rumah Tangga Pengasapan Ikan Bandarharjo Semarang	<i>Cross sectional</i>	Variabel bebas : faktor lingkungan :Kadar debu, kadar CO,	Tidak terdapat hubungan antara Faktor individu dan kejadian fungsi paru, dan dimungkinkan faktor lingkungan berpotensi mempengaruhi gambaran fungsi paru

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
					kadar suhu, kadar kelembaban, luas ventilasi, kepadatan ruangan Faktor individu :jenis kelamin, umur, status gizi, status merokok , lama paparan Variabel terikat : Gangguan fungsi paru	

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, maka diperoleh beberapa hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) mengikuti panduan yang dibuat oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2012

2. Variabel bebas penelitian ini adalah konsentrasi TSP yang digunakan untuk menghitung seberapa besar risiko pekerja untuk terkena gangguan pernapasan.
3. Instrumen yang digunakan untuk pengukuran TSP dalam penelitian ini adalah *Low Volume Sampler (LVS)*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LANDASAN TEORI

2.1.1 *Total Suspended Particulate*

2.1.1.1 Pengertian

Partikel mikro atau debu sering disebut sebagai agen tersendiri, namun pada hakikatnya merupakan kumpulan berbagai macam bahan hidup atau mati. Partikel mikro bisa berupa PM 2,5 atau PM 10 yakni partikel yang berdiameter dibawah 10 mikron atau berdiameter dibawah 2,5 mikron. Meskipun *Particulate Matter* memiliki sifat melayang di udara, namun pada akhirnya mengendap sehingga diukur dalam ukuran *Total Suspended Particulate* (TSP) atau *Suspended Particulate Matter* (SPM). TSP ini merupakan campuran yang sangat kompleks dari berbagai senyawa organik dan anorganik dari yang memiliki ukuran dibawah 1 mikron hingga 500 mikron (Achmadi, 2011). *Total Suspended particulate* adalah debu yang tetap berada di udara dan tidak mudah mengendap serta melayang di udara.

Total Suspended particulate sangat banyak jenisnya termasuk di dalamnya material dan partikel yang berasal dari industri, pertambangan dan pertanian (Wardana, 2004). Secara fisik, partikulat dikategorikan sebagai pencemar udara aerosol. Debu terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu padat (solid) dan

cair (likuid). Partikulat yang terdiri atas partikel padat misalnya *dust*, *fumes*, *smoke*, serta serat (Suripto, 2008).

2.1.1.2 Sumber dan Distribusi

Menurut Wardhana (2004), Penyebab pencemaran udara yang menghasilkan partikel secara umum ada 2 macam, yaitu :

a. Faktor internal (secara alamiah), yaitu :

1. Debu yang beterbangan akibat tiupan angin
2. Abu (debu) yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi
3. Proses pembusukan sampah organik

b. Faktor eksternal (karena ulah manusia), contoh :

1. Hasil pembakaran bahan bakar fosil
2. Debu atau serbuk dari kegiatan industri
3. Pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

Selain sumber-sumber diatas, menurut Alias, *et al* (2007) sumber alamiah partikel dapat berasal dari tanah, bakteri, virus, jamur, ragi, serbuk sari dan partikel garam dari penguapan air laut. Budiyo, (2001) mengatakan bahwa pembakaran yang tidak sempurna dari bahan bakar yang mengandung senyawa karbon murni atau bercampur dengan gas-gas organik seperti halnya penggunaan mesin diesel yang tidak terpelihara dengan baik. Partikulat debu melayang juga dihasilkan dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna sehingga terbentuk aerosol kompleks dari butir-butiran tar.

Partikel yang dihasilkan oleh proses pembakaran minyak berat mengandung senyawa-senyawa berbahaya seperti V, Ni. Partikel yang dihasilkan

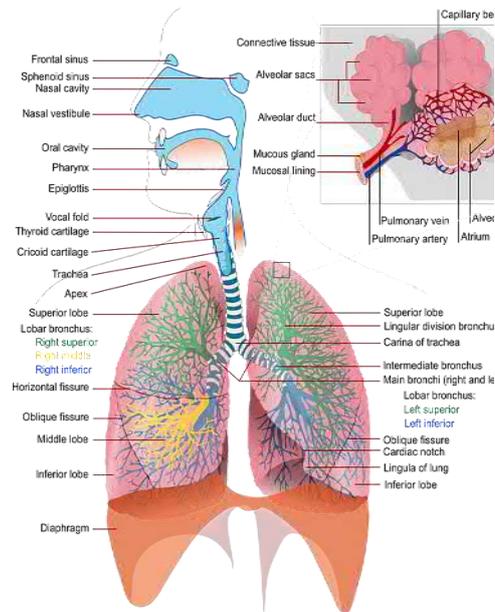
dengan pembakaran batu bara, pembakaran minyak dan gas pada umumnya menghasilkan TSP lebih sedikit. Kepadatan kendaraan bermotor dapat menambah asap hitam pada total emisi partikulat debu yang mengandung Cu, Zn, Pb (Mazzei, D'Alessandro, A, 2008).

Sumber-sumber polutan di atas, dapat menyebabkan konsentrasi partikel di udara meningkat. Konsentrasi TSP dan PM 10 di udara dipengaruhi oleh arah angin dan curah hujan. Kondisi cuaca yang cerah dan tidak hujan menyebabkan konsentrasi partikel meningkat (Araújo, *et al* 2014). Selain itu, Kondisi keadaan meteorologi lingkungan juga sangat mempengaruhi keadaan udara, seperti temperatur, kelembapan, kecepatan angin dan arah angin. Keadaan cuaca seperti cerah, berawan atau hujan juga mempengaruhi. Terjadinya fluktuasi situasi keadaan meteorologi yang bervariasi juga dapat mempengaruhi dispersi polutan di atmosfer (Martono dan Sulistiyani, 2004).

2.1.1.3 Mekanisme Paparan ke Manusia

Partikel masuk ke tubuh manusia melalui jalur inhalasi atau pernapasan. Sistem pernapasan manusia memiliki beberapa mekanisme pertahanan untuk mencegah partikel-partikel berbahaya masuk ke dalam tubuh. Seluruh saluran napas, dari hidung sampai bronkiolus terminalis, dipertahankan agar tetap lembab oleh selapis mukus yang melapisi seluruh permukaan. Selain itu, seluruh permukaan pernapasan juga dilapisi oleh epitel bersilia, dengan kira-kira 200 *silia* pada masing sel-sel epitel. Silia ini mampu memukul zat asing yang masuk dengan kecepatan 10-20 kali per detik dengan mengarah ke faring, sedangkan dalam hidung memukul ke arah bawah. Pukulan yang terus menerus

menyebabkan mukus ini lambat pada kecepatan kira-kira 1 cm/ menit ke faring. Kemudian mukus dan partikel-partikel yang dijeratnya tertelan atau dibatukkan keluar (Guyton & Hall, 1997).



Gambar 2.1 Anatomi Pernapasan Manusia

Sumber : pixabay.com/health-medicine

Mekanisme turbulensi hidung untuk mengeluarkan partikel dari udara begitu efektif, sehingga hampir tidak ada partikel yang berukuran lebih besar dari 6 mikrometer yang masuk ke paru dalam hidung. Partikel-partikel yang dapat masuk ke dalam paru kebanyakan berukuran 1-5 mikrometer. Ukuran ini lebih kecil daripada ukuran sel darah merah. Paru-paru sebagai organ yang berhubungan dengan udara atmosfer memiliki mekanisme pertahanan untuk melindungi dari pengaruh buruk yang mengenainya. Adapun mekanisme pertahanan tubuh yang melindungi meliputi : mekanisme yang berkaitan dengan faktor fisik, anatomik, dan fisiologik, mekanisme eskalasi mukus, mekanisme fagositik, dan mekanisme reaksi imun. Perjalanan udara pernapasan merupakan

struktur yang berkelor-kelok sehingga memungkinkan terjadinya proses desposisi partikel. Adapun mekanisme terjadinya desposisi partikel adalah:

- a. Partikel berukuran >10 mikrometer tertangkap di rongga hidung, yang berukuran 5-10 mikrometer tertangkap di bronkus dan percabangannya, sedangkan yang berukuran <3 mikrometer dapat masuk ke dalam alveoli.
- b. Pada daerah yang mempunyai aliran udara turbulen, partikel besar terlempar keluar dari jalur aslinya sehingga menabrak dinding jalan napas dan menempel pada mukus.
- c. Adanya gaya gravitasi dan sedimentasi menyebabkan kecepatan aliran udara lamban sehingga partikel di bronkiolus dapat masuk ke dalam alveoli.
- d. Adanya gerakan brown mengakibatkan partikel yang masuk ke dalam alveoli menabrak dinding permukaan alveoli dan mengendap (Djojodibroto, 2015).

2.1.1.4 Dampak terhadap Kesehatan

Partikulat terdiri atas berbagai ukuran mulai dari yang mikroskopik sampai yang besar dari yang berukuran mikroskopis hingga yang dapat dilihat dengan mata telanjang (Suripto, 2008). Debu-debu berukuran 5-10 mikron akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan. Debu-debu partikel yang berbahaya adalah yang berukuran kurang dari 0,1 mikron dan bermassa terlalu kecil yang menyebabkan gerakan brown bergerak keluar masuk alveoli dan tertimbun ke dalam paru-paru (Suma'mur, 1996).

Paparan dari *Total Suspended Particulate* ini juga banyak yang mengandung partikel timah hitam dalam hal ini dikenal sebagai Pb yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan banyak berhubungan dengan tempat kerja

(Ediputri, *et al*, 2017). *Total Suspended particulate* sebagai komponen dari faktor kimia (*nuisance*) merupakan salah satu faktor lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi produktivitas kerja. Pengaruh partikulat terhadap produktivitas dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Pengaruh debu secara langsung terhadap kenyamanan kerja tentunya akan mengganggu waktu penyelesaian kerja dan hasil pekerjaan. Paparan *Total Suspended Particulate* yang melebihi nilai ambang batas akan mempengaruhi aktivitas kerja. Sedangkan secara tidak langsung dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti gangguan pernapasan, iritasi mata dan kulit yang akan mempengaruhi produktivitas kerja karena pekerja menderita sakit (Suma'mur, 1996).

Saat terjadi proses inspirasi pernapasan, udara yang mengandung debu masuk ke dalam paru-paru. Debu-debu yang berukuran 5-10 mikron akan ditahan oleh saluran pernapasan bagian atas, sedangkan yang berukuran 3-5 mikron ditahan oleh saluran pernapasan bagian tengah. Partikel-partikel yang besarnya diantara 1 dan 3 mikron akan masuk langsung ke permukaan alveoli. Debu-debu yang berukuran kurang dari 0,1 mikron menimbulkan mekanisme yang menyebabkan debu mengendap dalam paru-paru. Bahan-bahan kimia penyusun debu merupakan bahan yang mudah larut dalam air, maka bahan-bahan kimia penyusun debu mudah larut dalam air kemudian larut dalam aliran darah (Suma'mur, 1996).

Menurut Putranto dalam Thaib faktor yang mendasari timbulnya suatu gejala penyakit pernafasaan, antara lain batuk dahak, sesak nafas dan bunyi

mengi. Efek debu terhadap saluran pernapasan telah terbukti bahwa kadar debu berhubungan dengan kejadian gejala penyakit pernapasan terutama gejala batuk, sesak nafas dan nyeri dada. Di saluran pernapasan, debu yang mengendap menimbulkan oedema paru, iritasi, bronchitis atau mengganggu kemampuan alveoli dalam proses pertukaran gas, yang kesemuanya dapat menurunkan kemampuan fungsi paru.

Dalam penelitian Yusnabaeti (2010) ditemukan bahwa konsentrasi PM10 mengakibatkan ISPA pada pekerja industri mebel. PM10 merupakan salah satu oksidan pencemar yang dapat dihisap oleh saluran pernapasan. Oksidan adalah bahan kimia elektrofilik yang dapat memindahkan elektron dari berbagai molekul dan menghasilkan oksidasi dari molekul-molekul tersebut. Oksidan dapat merusak sel tubuh melalui sel parenkim paru, baik sel-sel alveolus maupun matriksnya. Partikel PM10 terdiri dari partikel kompleks berukuran $0,1\ \mu\text{m}$ – $10\ \mu\text{m}$, mencakup semua ukuran virus ($0,1\ \mu\text{m}$ – $1\ \mu\text{m}$) dan bakteri ($0,5\ \mu\text{m}$ – $5\ \mu\text{m}$). Patogen tersebut melayang bebas dan dapat berpindah tempat di udara (Lai, 2009).

Dampak partikel terhadap kesehatan manusia dipengaruhi oleh beberapa hal seperti status merokok, konsumsi minuman beralkohol, serta kekebalan imun seseorang. Orang yang merokok dan mengonsumsi alkohol lebih rentan dibandingkan dengan orang yang tidak merokok dan tidak mengonsumsi alkohol. Reaksi imun yang berlebihan terhadap debu akan menimbulkan peradangan diparu sebagai reaksi alergi (Djojodibroto, 2015).

2.1.1.4 Cara Pengukuran

Pengukurann udara di lingkungan kerja sangat dibutuhkan untuk meningkatkan hygiene lingkungan kerja. Tujuan dari pengambilan smpel udara ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko pajanan atau besar kecilnya risiko pajanan bagi tenaga kerja sampel. Adapun cara menentukan titik lokasi pengukuran udara dilingkungan kerja menurut Suropto (2008) adalah:

a. Pengukuran dengan cara A

Tujuan pengukuran cara ini adalah untuk mengetahui rata-rata keadaan atau kondisi lingkungan kerja (rata-rata kadar bahan kimia pencemar di udara lingkungan kerja selama 8 jam kerja per hari). Oleh karena itu, pengukuran harus dilaksanakan selama proses kerja berlangsung atau 8 jam per hari.

b. Pengukuran dengan cara B

Pengukuran cara ini dilakukan di tempat kerja yang terdapat bahan yang sangat berbahaya dan dipancarkan dalam waktu yang singkat. Pada pengukuran ini, diperlukan pengukukuran ulangan untuk dapat mengukur sumber bahaya secara maksimal (Suropto, 2008).

Selain cara pengukuran yang tepat sesuai tujuan, pemilihan instrumen pengukuran juga mempengaruhi efektifitas pengukuran udara di tempat kerja. Adapun alat yang dapat digunakan dalam pengukuran TSP di tempat kerja adalah:

a. Impinger

Impinger adalah alat pengambil sampel debu di udara berdasarkan prinsip “*impingement*” yaitu dengan suatu kecepatan cukup mengalirkan udara kepada

suatu halangan dan oleh karenanya berubah arah. Keuntungan menggunakan impinger adalah :

- a) Dapat dipakai untuk menggunakan sampel berulang kali
- b) Dapat digunakan untuk pemeriksaan kualitatif
- c) Efisiensi tinggi untuk yang berukuran > 1 mikron tapi kecil untuk yang berukuran < 1 mikron

Kelemahan menggunakan impinger adalah tidak dapat digunakan untuk pengambilan sampel uap logam (Suma'mur, 1996).



Gambar 2.2 Impinger

Sumber: www.skinc.com

b. *Dust Sampler / HVS*

Pada dasarnya untuk mengukur *Total Suspended Particulate* menggunakan metode gravimetrik. Caranya debu yang menghambur di udara diambil sampelnya dengan memakai *dust sampler* (HVS), sedang media pengumpul debu adalah kertas saring. Kertas saring yang dapat digunakan adalah kertas jenis *fibre glass* (GF) atau campuran selulosa dengan ester (MCEF) atau dari nylon (PVC). Cara pengukurannya adalah dengan meletakkan kertas saring pada desikator selama 24 jam. Setelah itu kertas saring akan ditimbang dengan

neraca. Selanjutnya kertas saring siap dianalisis secara kimia terkait dengan kandungan yang ada dalam partikel debu. Dari hasil sampling, kertas saring hasil pengukuran juga digunakan untuk menganalisis kandungan ion yang ada di atmosfer (Suripto, 2008).



Gambar 2.3 High Volume Sampler (HVS)

Sumber: www.environmental-expert.com

c. *Low Volume Sampler (LVS)*

Low Volume Sampler merupakan alat yang digunakan untuk mengukur *Total Suspended Particulate (TSP)* di lingkungan kerja. *Low volume dust sampler* dilengkapi dengan pompa pengisap udara dengan kapasitas 5 l/menit - 15 l/menit dan selang silikon atau selang teflon. Partikel di udara yang dikumpulkan kemudian di analisis dengan metode gravimetrik (SNI 16-7058-2004).

Alat ini memungkinkan untuk melakukan pengaturan pengukuran partikel menurut waktu dan arah angin. Mode ini merupakan tambahan untuk program pengambilan sampel dasar 24 jam. LVS ini mempunyai laju aliran sebesar 16,7

l/menit . Selain dapat mengukur TSP, LVS ini juga dapat menyampling PM 10 dan PM 2,5 yang terkandung didalamnya (EPA, 1999).



Gambar 2.4 Low Volume Sampler (LVS)

Sumber : www.environmental-expert.com (2009)

2.1.1.5 Nilai Ambang Batas (NAB)

NAB adalah kadar yang pekerja sanggup menghadapinya dengan tidak menunjukkan penyakit atau kelainan dalam pekerjaan mereka sehari-hari untuk waktu 8 jam sehari dan 40 jam seminggu. NAB menunjukkan kadar yang manusia dapat bereaksi fisiologis terhadap suatu zat. NAB untuk bahan-bahan kimia yang dipergunakan oleh industri-industri di setiap Negara disusun oleh Negara yang bersangkutan.

Di daftar NAB terdapat faktor-faktor fisika, kimia, biologi, psikologi, dan ergonomi yang harus dikendalikan di lingkungan kerja salah satunya debu. Debu-debu yang hanya mengganggu kenikmatan kerja (*nuisance dust*) adalah debu-debu yang tidak berakibat fibrosis kepada paru-paru. Kadar-kadar debu ini, jika berlebihan dapat mengakibatkan gangguan penglihatan, hidung serta dapat menyebabkan reaksi inert. Adapun jenis-jenis debu yang hanya mengganggu

kenikmatan kerja antara lain: kalsium karbonat, selulosa, gips, kabut minyak tumbuh-tumbuhan, alundum, semen portland, kaolin, batu kapur, magnesit, pati, sukrosa, timah oksida, titanium oksida (Suma'mur, 1996).

Menurut Permenaker No. 5 Tahun 2018 *nuisance dust* termasuk dalam debu tidak terklasifikasi yang terdiri 2 golongan, yaitu debu respirabel dan debu inhalabel di tempat kerja. Debu respirabel merupakan partikel debu yang apabila terhirup dapat masuk sampai ke dalam organ terdalam saluran pernapasan yaitu alveolus. Sedangkan, debu inhalabel merupakan jenis debu yang apabila masuk ke dalam saluran pernapasan maka hanya akan mengendap pada saluran pernapasan atas. Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan untuk debu respirabel pada lingkungan kerja sebesar 3 mg/m^3 . Artinya, bahwa batas toleransi jenis debu respirabel apabila terhirup oleh saluran pernapasan sebesar 3 mg/m^3 . Sedangkan, NAB untuk jenis debu inhalabel di lingkungan kerja adalah 10 mg/m^3 . Hal ini berarti bahwa batas toleransi manusia apabila terhirup adalah sebesar 10 mg/m^3 . Baik NAB debu respirabel dan debu inhalabel, akan diperbolehkan dengan catatan pekerja yang terpapar selama 8 jam tiap harinya atau 40 jam satu minggunya tanpa menimbulkan gangguan kesehatan atau penyakit.

2.1.2 Toksisitas *Total Suspended Particulate*

Pencemaran udara berbentuk gas dengan jumlah yang melebihi batas toleransi lingkungan dan masuk ke lingkungan udara dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup. Pencemar udara berbentuk gas adalah karbon monoksida, senyawa belerang, senyawa nitrogen, dan chlorofluocarbon. Pencemar udara berbentuk partikel cair atau padat. Partikel berbentuk cair berupa

titik-titik air atau kabut. Kabut dapat menyebabkan sesak nafas saat terhirup kedalam paru-paru. Partikel dalam bentuk padat dapat berupa debu atau abu yang mempunyai ukuran 1-200 mikrometer sampai pasir kasar dengan diameter <1 mm. Kecepatan jatuh partikel berbanding lurus dengan kuadrat dari jari-jarinya. Semakin kecil ukuran partikel semakin jauh perpindahannya (Soemirat, 2005). Menurut Siwiendriyanti, *et al* (2016) secara umum, mekanisme dasar yang dialami oleh debu mulai dari masuknya ke dalam tubuh manusia hingga dikeluarkan dari tubuh adalah:

1. Absorbsi

Absorbsi adalah proses masuknya suatu zat ke dalam tubuh. Absorbsi debu dapat melalui saluran pernapasan. Debu masuk dalam saluran pernapasan yang terdiri dari 3 bagian besar yaitu: bagian nasofaring, bagian trakeo-bronkial, dan bagian alveoli.

Ukuran debu yang dapat memasuki saluran respiratorus ini adalah $<10 \mu$. Sedangkan yang berukuran $5\mu-10\mu$ akan mudah tersaring secara fisik oleh bulu-bulu yang terdapat di hidung, trakea, dan bronkus. Debu yang berukuran $2-5 \mu$ akan mengendap di dalam alveoli. Masuknya debu dalam saluran pernapasan akan memudahkan debu untuk masuk ke dalam peredaran darah karena tipisnya dinding paru-paru (selapis sel alveoli) yang berhadapan dengan dinding kapiler darah yang juga hanya terdiri atas selapis (Soemirat, 2005).

2. Distribusi

Setelah debu terserap ke dalam aliran darah, maka dengan cepat akan disebarkan ke seluruh tubuh. Kecepatan debu mencapai organ target tertentu

tergantung pada besarnya aliran darah ke organ target, afinitas terhadap organ, dan barrier organ tersebut. Afinitas organ yang tinggi akan menyebabkan konsentrasi yang tinggi dari debu. Alveolus adalah salah satu bagian paru-paru dimana toksikan-toksikan siap diserap. Luas permukaannya besar ($50 - 100 \text{ m}^2$) dan aliran darah ke paru-paru adalah tinggi dan sangat erat ke udara paru-paru (10 mikro meter).

Debu yang diendapkan di bagian hidung yang tidak bersilia cenderung untuk tinggal ditempat pengendapannya sampai mereka disingkirkan oleh pembersihan hidung, menghembus atau bersin. Tutup lendir dari permukaan hidung yang berambut membawa partikel-partikel yang tidak larut ketika dia didorong oleh pukulan silia. Partikel-partikel ini sama dengan partikel-partikel yan dihirup melalui mulut ditelan dalam beberapa menit dan berjalan ke Tr.GI. Partikel partikel yang larut bisa larut dalam lendir dan dibawa ke faring atau diserap melalui epitel kedalam darah (Maansyur, 2002).

3. Biotransformasi

Zat asing atau xenobiotik yang masuk ke dalam tubuh manusia akan mengalami beberapa proses biologik yang secara alamiah dilakukann oleh organ tertentu untuk mengurangi toksisitas zat asing tersebut. Partikel yang terdeposisi akan difagositosis oleh sel yang bertugas mempertahankan tubuh. Sel-sel tersebut adalah sel makrofag dan sel polimorfonuklear (PMN). Di jaringan paru terdapat sel makrofag alveolar (*pulmonary alveolar macrophage*). Sel makrofag mampu mengeluarkan substansi antigenik. Debu yang terdeposisi di alveolus akan menempel pada dinding makrofag. Kemudian, dinding ini akan melakukan

invaginasi dan membentuk cekungan untuk menelan partikel. Makrofag tidak selalu berhasil dalam mengisolasi benda asing, terkadang, makrofag akan mati karena toksisitas substansi yang dikeluarkannya sendiri (Djojodibroto, 2015).

4. Ekskresi

Setelah proses absorpsi dan distribusi, partikel yang masuk dalam saluran pernapasan akan diekskresikan melalui dua jalur. Jalur pertama adalah jalur fisik yang mana partikel-partikel diendapkan keatas dan menempel pada cairan dalam alveoli kemudian akan di dorong oleh bulu-bulu mukosa di tracheo bronchial ke sistem pencernaan kemudian partikel akan diekskresikan dalam bentuk feses. Jalur kedua adalah melalui cairan limfa. Secara normal air bersama dengan elektrolit-elektrolit dan protein-protein yang larut akan melewati kapiler ke ruang celah dan ruang alveoli dan kembali melalui sistem limfatik. Sel-sel yang telah difagosit akan terbawa oleh sistem limfatik kemudian debu akan diekskresikan dalam bentuk gas yang akan diekspresikan.

2.1.2.1 Cara Kerja dan Efek Toksik

Toksisitas merupakan kemampuan racun atau molekul untuk menimbulkan kerusakan apabila masuk ke dalam tubuh dan lokasi organ yang rentan terhadapnya. Kerja xenobiotik pada organisme dan pengaruh organisme terhadap xenobiotika. Menurut Purnama (2017) terdapat beberapa fase toksik dalam organisme:

1. Fase eksposisi merupakan kontak suatu organisme dengan xenobiotika, pada umumnya. Dalam fase ini dapat terjadi efek toksik/farmakologi setelah xenobiotika terabsorpsi. Umumnya hanya toksin yang berada dalam

bentuk terlarut, terdispersi molekular dapat terabsorpsi menuju sistem sistemik

2. Fase toksikinetik disebut juga dengan fase farmakokinetik. Setelah xenobiotika berada dalam ketersediaan farmasetika, pada mana keadaan xenobiotika siap untuk diabsorpsi menuju aliran darah atau pembuluh limfe. Pada saat yang bersamaan sebagian molekul xenobiotika akan termetabolisme, atau tereksresi bersama urin melalui ginjal, melalui empedu menuju saluran cerna, atau sistem ekskresi lainnya.
3. Fase toksodinamik adalah interaksi antara toksin dengan reseptor (tempat kerja toksik) dan juga proses-proses yang terkait dimana pada akhirnya muncul efek toksik/farmakologik.

2.1.2.2 Faktor-Faktor Individu yang Mempengaruhi Toksisitas dalam Tubuh

1. Jenis Kelamin

Pada umumnya racun atau zat asing lebih tahan kepada wanita daripada yang laki-laki. Hal ini disebabkan wanita umumnya tidak merokok atau mengkonsumsi alkohol. Faktor lain adalah karena wanita memiliki deposit lemak lebih banyak lemak sehingga bahan-bahan kimia dapat larut dalam lemak dan tertimbun dalam lemak akibatnya lemak tersebut bersifat inaktif. Selain itu, kadar estrogen yang lebih banyak pada wanita menyebabkan kesehatan wanita lebih terjaga daripada laki-laki (Siwiendriyanti, *et al* 2016).

2. Usia

Orang tua dan anak – anak biasanya lebih rentan terhadap racun daripada usia orang – orang dewasa. Hal ini disebabkan oleh sistem imun pada anak-anak

belum optimal dan sistem imun pada orang tua sudah menurun. Selain itu, kapasiats kardiovaskulernya telah mengalami penurunan.

3. Status Gizi

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada serangga, menunjukkan bahwa semakin besar ukuran badan atau semakin berat badan dari serangga maka semakin tinggi dosis yang digunakan, hal ini dimaksudkan bahwa dosis yang dibutuhkan akan semakin tinggi apabila tinggi berat badan hewan semakin berat. Semakin beracun bahan kimia tersebut, maka semakin rendah LD50 sehingga paparan terhadap manusia pun semakin parah (Sasmito, *et al* 2015). Selain itu, orang yang terkena defisiensi protein, zat besi, atau kalsium akan mengakibatkan daya absorpsi timah hitam ke dalam darah (Siwiendriyanti, *et al* 2016).

4. Kesehatan

Potensialitas racun yang dimakan dapat ditentukan oleh kesehatan seseorang. Biasanya orang yang sehat lebih tahan terhadap racun dibandingkan dengan orang yang tidak sehat (lemah). Pekerja yang menderita penyakit paru obstruktif yang menahun akan memperburuk penyakit paru yang sedang di deritanya (Siwiendriyanti, *et al* 2016).

5. Genetik

Bila suatu makhluk hidup mengalami cacat genetika, ketidak-sempurnaan molekul enzim yang terlibat dalam metabolisme racun menyebabkan proses biotransformasi racun akan terhambat. Akibatnya makhluk hidup tersebut akan lebih rentan terhadap ketoksikan racun. Dalam hal ini, cacat genetika memberikan dampak negatif. Sebaliknya apabila metabolit racun yang

terbentuk bersifat toksik, maka makhluk hidup tersebut justru akan terhindar dari ketoksikan racun. Karena jumlah metabolit toksik yang terbentuk jauh lebih sedikit daripada individu normal. Dalam hal ini, cacat genetika berdampak positif (Purnama & Purnama, 2017). Adapun cacat genetika yang dimaksud dapat berupa status atopi, defisiensi *glucose-6-phosphate dehydrogenase* (G6PD), defisiensi serum total (Siwiendriyanti, *et al* 2016).

2.1.2.3 Faktor Lama Paparan

Interaksi bahan kimia dapat terjadi melalui sejumlah mekanisme dan efek dari dua atau lebih bahan kimia yang diberikan secara bersamaan akan menghasilkan suatu respons yang mungkin bersifat aditif, sinergis, potensiasi, dan antagonistik. Karakteristik paparan membentuk spektrum efek secara bersamaan membentuk hubungan korelasi yang dikenal dengan hubungan dosis-respons. Paparan bahan-bahan kimia terhadap binatang percobaan biasanya dibagi dalam empat kategori:

1. Paparan akut

Yaitu paparan terhadap suatu zat kimia dalam jangka waktu <24 jam. Paparan dapat melalui suntikan, melalui kulit, atau lewat makanan. Efek dari paparan ini akan timbul pada paparan tahunan.

2. Paparan subakut

Adalah paparan zat kimia selama ≤ 1 bulan.

3. Paparan menahun/akut

Adalah paparan zat kimia dalam durasi waktu . 3 bulan. Paparan kronik dialami oleh para pekerja terutama di lingkungan industri kimia.

2.1.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Di dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 876 Tahun 2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL), Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) didefinisikan sebagai suatu pendekatan untuk mencari potensi besarnya risiko. Pada aplikasinya, ARKL dapat digunakan untuk memprediksi besarnya risiko dengan titik tolak dari kegiatan pembangunan yang sudah berjalan, risiko saat ini dan memperkirakan besarnya risiko dimasa yang akan datang. Analisis risiko menggunakan berbagai macam ilmu seperti *science*, *engineering*, *probability*, dan *statistic* untuk mengestimasi dan mengevaluasi seberapa besar dan seberapa mungkin risiko tersebut berdampak pada kesehatan dan lingkungan.

Penilaian risiko sebagian besar didasarkan pada hasil informasi objektif yang berasal dari studi ilmiah, seperti *bioassay* dan studi epidemiologi. Saat ini, penilaian risiko yang banyak digunakan adalah referensi dosis pada hewan uji coba yang digunakan untuk memprediksi paparan pada manusia dalam dosis yang lebih rendah. Analisis risiko dalam pengelolaan limbah berbahaya dapat diaplikasikan untuk pengembangan peraturan untuk pengelolaan limbah, penilaian fasilitas operasi, menetapkan prioritas untuk pembersihan tempat yang bermasalah, menentukan tingkat pembersihan yang sesuai, dan perencanaan fasilitas baru (Scott, 1987). Pada dasarnya ARKL terdiri dari 4 langkah dasar yaitu:

2.1.4.1 Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*)

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

2.1.4.2 Analisis dosis-respon (*Dose-Response Assessment*)

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis-respons yaitu mencari nilai RfD (konsentrasi dosis), dan/atau RfC (konsentrasi referensi), dan/atau SF (*Slope Factor*) dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia. Analisis dosis-respon ini tidak harus dengan melakukan penelitian percobaan sendiri namun cukup dengan merujuk pada literatur yang tersedia. Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk:

1. Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia.

2. Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.
3. Mengetahui dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) dari agen risiko tersebut.

Di dalam laporan kajian ARKL ataupun dokumen yang menggunakan ARKL sebagai cara/metode kajian, analisis dosis-respon perlu dibahas dan dicantumkan. Analisis dosis-respon dipelajari dari berbagai *toxicological reviews*, jurnal ilmiah, atau artikel terkait lainnya yang merupakan hasil dari penelitian eksperimental. Uraian tentang dosis referensi (RfD), konsentrasi referensi (RfC), dan *slope factor* (SF) adalah sebagai berikut:

- a. Dosis referensi dan konsentrasi yang selanjutnya disebut RfD dan RfC adalah nilai yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko, sedangkan SF (*slope factor*) adalah referensi untuk nilai yang aman pada efek karsinogenik.
- b. Nilai RfD, RfC, dan SF merupakan hasil penelitian (*experimental study*) dari berbagai sumber baik yang dilakukan langsung pada obyek manusia maupun merupakan ekstrapolasi dari hewan percobaan ke manusia.
- c. Untuk mengetahui RfC, RfD, dan SF suatu agen risiko dapat dilihat pada *Integrated Risk Information System* (IRIS).
- d. Jika tidak ada RfD, RfC, dan SF maka nilai dapat diturunkan dari dosis eksperimental yang lain seperti NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*), MRL (*Minimum Risk Level*), baku mutu udara ambien pada NAAQS (*National Ambient*

Air Quality Standard) dengan catatan dosis eksperimental tersebut mencantumkan faktor antropometri yang jelas (Wb, tE, fE, dan Dt).

Satuan dosis referensi (RfD) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per kilogram (Kg) berat badan per hari, disingkat mg/kg/hari. Dalam literatur terkadang ditulis mg/kgxhari, dan mg/kg-hari. Satuan konsentrasi referensi (RfC) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per meter kubik (M³) udara, disingkat mg/M³. Konsentrasi referensi ini dinormalisasikan menjadi satuan mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dan berat badan yang bersangkutan. Batas aman paparan pada masyarakat luas berbeda dengan batas aman pada pekerja. Masyarakat merupakan populasi yang kompleks yang terdiri dari sub populasi rentan seperti bayi, wanita hamil, dan orang tua yang membutuhkan perlindungan khusus. Oleh karena itu batas aman pada masyarakat lebih ketat dibandingkan pada pekerja.

Batas aman untuk risiko non karsinogenik pada pekerja dikenal dengan *Able Daily Intake* (ADI) dan *Tolerable Daily Intake* (TDI). Batas aman tersebut didapatkan dari biomonitoring dan pemeriksaan darah dan urin pekerja secara rutin yang dihimpun oleh ACGIH (*Association Advancing Occupational and Environmental Health*) (Thohyama, 2017). Dalam dunia industri, batas aman konsentrasi polutan udara lebih tinggi daripada yang diizinkan di masyarakat atau udara ambien. *Permissible Exposure Limit* (PEL) adalah batas aman suatu polutan dilingkungan kerja untuk melindungi pekerja dari paparan senyawa berbahaya. PEL merupakan paparan aman untuk durasi pajanan delapan jam perhari. PEL ini merupakan standar pajanan individu yang sebenarnya, bukan lingkungan tempat

mereka tinggal atau bekerja. Nilai PEL dapat dilihat di OSHA *Occupational Chemical Database* (Wiley & Sons, 2007).

2.1.4.3 Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Setelah melakukan langkah identifikasi bahaya dan analisis dosis respon, selanjutnya dilakukan Analisis paparan 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:

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

Keterangan:

Ink : Intake TSP (mg/kg/hari)

C : Konsentrasi TSP (mg/m³)

R : laju inhalasi (m³/hari)

tE : lama paparan (jam/hari)

fE : frekuensi paparan (hari/tahun)

Dt : Durasi paparan

Wb : Berat badan (kg)

tavg : Periode waktu rata-rata

2.1.4.4 Karakterisasi risiko (*Risk Characterization*)

Langkah ARKL yang terakhir adalah karakterisasi risiko yang dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko. Langkah ini dilakukan untuk menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada ARKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat atau tidak. Analisis risiko dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik seperti berat badan, laju inhalasi/konsumsi, waktu pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan tertentu.

Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/membagi intake dengan dosis /konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah intake (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (RfD)/konsentrasi referensi (RfC) yang didapat dari *Integrated Risk Information System (IRIS)*.

2.1.4.5 Pengelolaan Risiko

Setelah melakukan keempat langkah ARKL di atas 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 bilamana hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman ataupun unacceptable. Dalam melakukan pengelolaan risiko perlu dibedakan antara strategi pengelolaan risiko dengan

cara pengelolaan risiko. Strategi pengelolaan risiko meliputi penentuan batas aman yaitu:

- a. Konsentrasi agen risiko (C), dan/atau
- b. Jumlah konsumsi (R), dan/atau
- c. Waktu pajanan (tE), dan/atau
- d. Frekuensi pajanan (fE), dan/atau

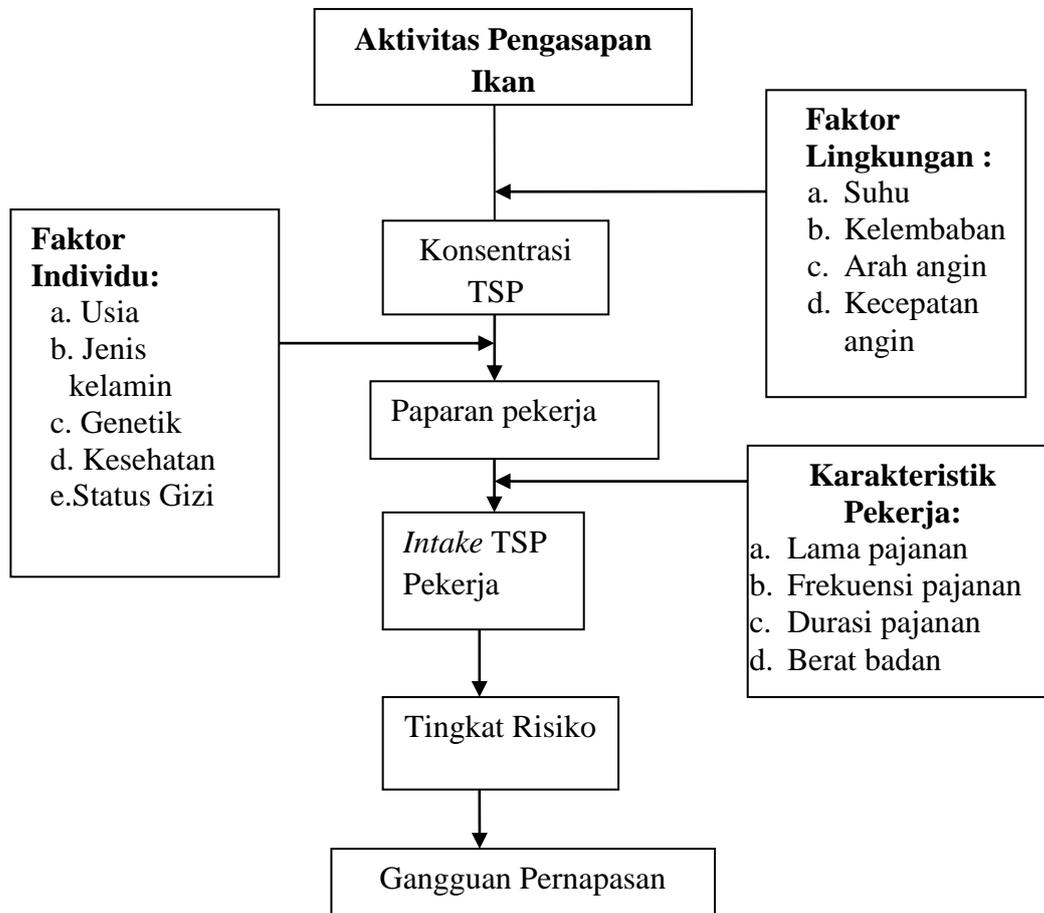
Setelah batas aman ditentukan, selanjutnya perlu dilakukan penapisan alternatif terhadap batas aman yang mana yang akan dijadikan sebagai target atau sasaran pencapaian dalam pengelolaan risiko. Batas aman yang dipilih adalah batas aman yang lebih rasional dan realistis untuk dicapai. Adapun cara pengelolaan risiko adalah cara atau metode yang akan digunakan untuk mencapai batas aman tersebut. Cara pengelolaan risiko meliputi beberapa pendekatan yaitu pendekatan teknologi, pendekatan sosial-ekonomis, dan pendekatan institusional.

Dalam bidang Kesehatan kerja, Setelah resiko diketahui resiko tidak dapat diterima (non acceptable risk), suatu industri harus menetapkan tindak lanjut perbaikan sampai resiko terendah dengan prinsip hirarki. Pengendalian risiko merupakan tahapan paling penting sebagai penentu keseluruhan manajemen risiko. Pengendalian risiko dapat dilakukan dengan cara:

1. Eliminasi, yaitu mengurangi risiko dengan menghilangkan sumber bahaya
2. Substitusi, yaitu mengurangi risiko dengan cara mengganti bahan, alat atau cara kerja dengan yang lain sehingga kemungkinan kecelakaan dapat diminimalisasi.

3. Pengendalian *engineering*, mengurangi risiko dengan melakukan rekayasa teknik pada alat, mesin, infrastruktur, lingkungan dan atau bangunan
4. Pengendalian administratif, mengurangi kontak antara penerima dengan sumber bahaya.
5. Alat Pelindung Diri (APD), mengurangi risiko dengan menggunakan APD seperti masker, sepatu keselamatan, sarung tangan, dll.

2.2 KERANGKA TEORI



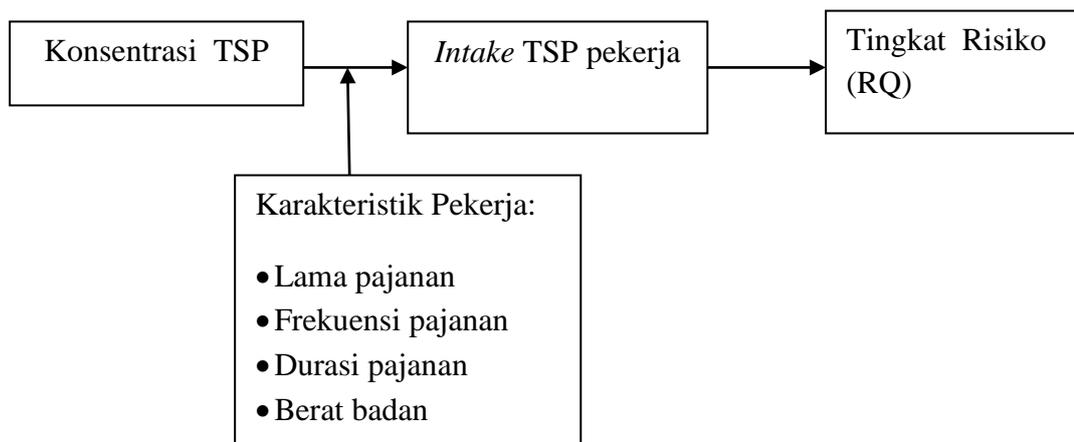
Gambar 2.5 Kerangka Teori

Sumber: Wardhana (2004), Kemenkes RI (2012), Purnama (2017)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 KERANGKA KONSEP



Gambar 3.1 Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori di atas, penelitian ini dibatasi hanya pada variabel-variabel yang tertera pada diagram di atas. Gambar 3.1 menunjukkan kerangka konsep penelitian, variabel bebas adalah konsentrasi TSP. Variabel antara adalah *intake* TSP pada pekerja. *Intake* TSP ini dipengaruhi oleh beberapa variabel pengganggu yaitu lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, dan berat badan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat risiko pekerja.

3.2 VARIABEL PENELITIAN

Variabel adalah ukuran atau ciri yang dimiliki oleh anggota-anggota suatu kelompok yang berbeda dengan yang dimiliki oleh kelompok yang lain (Notoatmodjo, 2012). Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah:

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi TSP di Rumah asap pengasapan ikan.

3.2.2 Variabel Antara

Variabel antara atau variabel *intervening* adalah variabel penyela/antara yang terletak diantara variabel bebas dan terikat, sehingga variabel bebas tidak langsung mempengaruhi berubahnya variabel terikat (Sugiyono, 2012). Variabel antara dalam penelitian ini adalah *intake* (asupan) TSP pada pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang.

3.2.3 Variabel Pengganggu

Variabel pengganggu adalah variabel yang mengganggu terhadap hubungan antara variabel independen dengan dependen (Notoatmodjo, 2012). Variabel pengganggu dalam penelitian ini adalah lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, berat badan. Lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, dan berat badan akan mempengaruhi nilai *intake* TSP pekerja yang juga mempengaruhi tingkat risiko pekerja.

3.2.4 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat risiko pekerja.

3.3. HIPOTESIS PENELITIAN

Tingkat risiko pajanan *Total Suspended Particulate* pekerja Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo lebih dari 1 ($RQ > 1$).

3.4 DEFINISI OPERASIONAL DAN SKALA PENGUKURAN VARIABEL

Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel

No	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Kategori	Skala
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Konsentrasi TSP	Konsentrasi TSP yang terdapat di udara dalam ruang pengasapan ikan Bandarharjo yang kemungkinan dapat terhisap oleh pekerja selama 8 jam kerja sehari, dengan Nilai Ambang Batas 10 mg/m ³ berdasarkan Permenaker No.5/MEN/2018	<i>Low Volume Sampler</i>		Rasio
2.	Pajanan personal TSP (<i>intake</i>)	Jumlah TSP yang dihirup oleh pekerja	<i>Exposure Assesment</i>	1. Tidak Aman (>R _{fc}) 2. Aman (<R _{fc}) (Pedoman ARKL, 2012)	Ordinal
3.	Lama pajanan (tE)	Periode waktu sampel terpajan TSP dihitung berdasarkan jumlah jam pekerja berada di lokasi penelitian dalam satu hari	Kuesioner	1. >8 jam 2. ≤ 8jam (UU No. 13 Thn 2003)	Ordinal
4.	Frekuensi pajanan (fE)	Jumlah hari pemajanan TSP yang diterima pekerja dalam satu tahun dikurangi lama responden meninggalkan lokasi penelitian	Kuesioner	1.>250 hari/tahun) 2.<250 hari/tahun) (Pedoman ARKL, 2012)	Ordinal

No	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Kategori	Skala
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
5	Durasi pajanan	Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan atau jumlah tahun pekerja bekerja sebagai pengasap ikan di Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo.	Kuesioner		Rasio
6.	Tingkat risiko (RQ)	Tingkat risiko sampel mengalami gangguan pernapasan	<i>Risk assesment</i>	1.RQ>1 (berisiko) 2. RQ<1 (Tidak berisiko) (Pedoman ARKL, 2012)	Ordinal
7.	Berat Badan	Berat badan pekerja pada saat penelitian dilakukan, dibuktikan dengan penimbangan berat badan menggunakan timbangan injak	Timbangan Injak		Rasio

3.5 JENIS DAN RANCANGAN PENELITIAN

Desain studi dalam penelitian ini menggunakan metode *Cross sectional*. Pemilihan metode ini dikarenakan pengukuran variabel bebas dan variabel terikat diukur dalam periode waktu yang sama. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

untuk mengetahui tingkat risiko pekerja dalam satu periode waktu. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan metode untuk menghitung estimasi risiko akibat pajanan suatu agen baik kimia maupun biologi pada populasi berisiko dengan mempertimbangkan karakteristik populasi. Analisis risiko merupakan suatu alat pengelolaan risiko, yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memperkirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik (Djafri, 2014). Prosedur penelitian dalam metode ARKL menurut Kementerian Kesehatan RI (2012) meliputi langkah-langkah:

3.5.1 Identifikasi Bahaya

Penelitian ini dimulai dengan melakukan analisis *Total Suspended Particulate* (TSP) dengan mengumpulkan data dan informasi mengenai TSP baik karakteristik maupun toksisitasnya. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko yaitu TSP di media lingkungan. Konsentrasi TSP didapatkan dari hasil pengukuran TSP di Rumah Pengasapan. Selain itu, identifikasi bahaya dilakukan untuk mengetahui gejala kesehatan yang dapat disebabkan oleh agen risiko TSP. Gejala kesehatan tersebut dapat diketahui dengan cara kajian literatur.

3.5.2 Analisis Dosis Respon

Setelah melakukan identifikasi bahaya TSP, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis-respon yaitu mencari nilai RfC, dari TSP. Analisis dosis respon dilakukan dengan melakukan kajian literatur yang merujuk

pada EPA dan OSHA. Langkah ini dimaksudkan untuk memperoleh data mengenai jalur pajanan (*pathways*) TSP, perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis TSP yang masuk ke dalam tubuh, serta konsentrasi referensi (RfC) TSP.

3.5.3 Analisis Pemajanan

Analisis pajanan dilakukan dengan mengestimasi jumlah asupan atau *intake* inhalasi setiap harinya. Untuk menghitung *intake* digunakan persamaan *intake* non karsinogenik. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan berupa data primer yang berupa hasil pengukuran konsentrasi TSP, dan data karakteristik pekerja.

3.5.4 Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko. Karakterisasi risiko ini bertujuan untuk menentukan apakah TSP dengan konsentrasi tertentu berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat atau tidak. Karakterisasi risiko dilakukan dengan memperhatikan karakteristik pekerja seperti berat badan, laju inhalasi, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan. Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan/membagi *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dengan konsentrasi referensi (RfC) yang didapatkan dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA).

3.6 POPULASI DAN SAMPEL

3.6.1 Populasi Penelitian

Populasi merupakan objek atau subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012). Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja pengasapan di Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo Kota Semarang. Menurut hasil survey yang telah dilakukan oleh peneliti pada Januari 2019, industri pengasapan ikan di Bandarharjo berjumlah 23 industri. Total pekerja mencapai 124 pekerja yang terdiri dari 28 pekerja industri kecil, 52 pekerja industri menengah, dan 44 pekerja industri besar.

3.6.2 Sampel Penelitian

3.6.2.1 Sampel udara

TSP diukur dengan menggunakan *Low Volume Sampler*. Langkah-langkah pengambilan sampel dimulai dari penentuan lokasi dan penempatan peralatan pengambilan contoh uji, disesuaikan dengan SNI 16-7058-2004 Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Tempat Kerja. Pengukuran dilakukan di 3 tempat yang telah ditentukan yaitu di industri skala kecil, menengah, dan besar. Adapun kategori besaran industri adalah:

- a. Katagori Kecil memiliki kapasitas produksi antara <100-200 Kg/hari
- b. Katagori Menengah memiliki kapasitas produksi antara 300-400 Kg/hari
- c. Katagori Besar memiliki kapasitas produksi >500 Kg/hari.

3.6.2.2 Sampel pekerja

Sampel merupakan pengasap tetap yang melakukan aktivitas bekerja di pengasapan. Sampel diambil dengan menggunakan metode *stratified random sampling*. Adapun jumlah sampel ditentukan menggunakan rumus menurut Lameshow (1990):

$$n = \frac{Z^2 1 - \frac{\alpha}{2} P(1 - P)N}{d^2 (N - 1) + Z^2 1 - \frac{\alpha}{2} P(1 - P)}$$

Keterangan:

n : besar sampel minimal

$Z^2 1 - \alpha/2$: 1,96 pada tingkat kepercayaan 95 %

d : derajat presisi yang diinginkan sebesar 5% (0,05)

N : Besar populasi (124 Pekerja)

P : Estimasi Proporsi (Prevalensi) pada penelitian sebelumnya 77,4 %

(Marpaung, 2012)

$$n = \frac{Z^2 1 - \frac{\alpha}{2} P(1 - P)N}{d^2 (N - 1) + Z^2 1 - \frac{\alpha}{2} P(1 - P)}$$

$$n = \frac{1,96 \times 0,774 (1 - 0,774)124}{0,05^2 (124 - 1) + 1,96 \times 0,774 (1 - 0,774)}$$

$$n = \frac{1,96 \times 0,774 \times 0,226 \times 124}{(0,0025 \times 123) + (1,96 \times 0,774 \times 0,226)}$$

$$n = \frac{1,96 \times 0,774 \times 0,226 \times 124}{(0,0025 \times 123) + (1,96 \times 0,774 \times 0,226)}$$

$$n = \frac{42,51}{0,3075 + 0,3428}$$

$$n = \frac{42,51}{0,6503}$$

$$n = 65,3$$

Berdasarkan perhitungan sampel diatas, didapatkan jumlah sampel minimal 66 pekerja. Untuk meminimalisasi terjadinya kehilangan sampel (*dropout*), maka ditambahkan 10 % dari jumlah sampel sehingga menjadi 73 sampel pekerja. Dari 73 sampel pekerja tersebut, didapatkan rincian jumlah sampel setiap skala industri menurut Lameshow (1990) sebagai berikut:

- a. Industri Kecil : $73 \times 28 : 124 = 16$
- b. Industri Menengah : $73 \times 52 : 124 = 31$
- c. Industri Besar : $73 \times 44 : 124 = 26$

Pekerja yang akan dijadikan sampel adalah pekerja yang memenuhi kriteria inklusi, antara lain:

- a. Merupakan pekerja tetap
- b. Ketika bekerja, tidak berpindah-pindah ke tempat lain
- c. Termasuk dalam kategori dewasa (18-65 tahun)
- d. Bersedia untuk menjadi responden.

Adapun pekerja yang tidak dijadikan sampel/kriteria eksklusi adalah:

- a. Pekerja berpindah-pindah ke tempat lain saat bekerja
- b. Tidak bersedia menjadi responden

3.7 SUMBER DATA PENELITIAN

3.7.1 Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini berupa data berat badan, lama paparan, frekuensi paparan, serta data konsentrasi TSP. Data primer diperoleh dari hasil wawancara dan pengukuran.

3.7.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari pengumpulan data melalui telaah literatur. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data RFC *agent* TSP dan laju inhalasi pekerja (R). Data sekunder didapatkan dari telaah dari *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA).

3.8 INSTRUMEN PENELITIAN DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA

3.8.1 Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. *Low Volume Sampler (LVS)* dengan tipe LVS 3.1 yang digunakan untuk mengukur konsentrasi TSP di Rumah Pengasapan Ikan.
- b. Timbangan injak, digunakan untuk mengukur berat badan pekerja.
- c. Lembar Kuesioner, digunakan untuk pedoman wawancara untuk mendapatkan informasi yang diperlukan seperti lama pajanan, durasi pajanan, serta frekuensi pajanan.

3.8.2 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini meliputi:

1. Metode Wawancara

Wawancara adalah suatu metode yang digunakan untuk mengumpulkan data, dimana peneliti mendapatkan keterangan atau pendirian secara lisan dari seseorang sasaran penelitian (responden), atau bercakap-cakap berhadapan muka dengan orang tersebut (Notoatmodjo, 2012). Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data lama paparan, frekuensi paparan, serta durasi paparan pekerja.

2. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengukuran konsentrasi TSP dan berat badan. Pengukuran TSP dilakukan dengan menggunakan LVS. Tata cara pengukuran konsentrasi debu disesuaikan dengan SNI 16-7058-2004 Tentang Pengukuran Kadar Debu Total di Lingkungan Kerja.

3.9 PROSEDUR PENELITIAN

3.9.1 Tahap Persiapan

Adapun hal-hal yang dilakukan dalam tahap penelitian adalah:

1. Sebelum penelitian dilaksanakan, dilakukan koordinasi dengan petugas puskesmas, kepala Koperasi Pengrajin Ikan (KOPIN), kepala desa, dan perangkat desa untuk menjelaskan tujuan dan prosedur penelitian, serta apa saja kegiatan yang dilakukan selama penelitian.
2. Peneliti memilih sampel penelitian yang akan dijadikan sampel udara dan sampel pekerja
3. Menyiapkan instrumen penelitian yang akan digunakan dalam penelitian.

3.9.2 Tahap Penelitian

Penelitian dilakukan dalam waktu satu bulan, dengan tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Pengukuran kadar TSP udara di Rumah pengasapan ikan menggunakan *Low Volume Sampler*

a. Penentuan lokasi pengukuran

Peneliti menentukan rumah pengasapan yang akan diukur. Pengukuran dilakukan di 3 tempat yaitu di industri berskala kecil, menengah, dan besar. *Low Volume Sampler* diletakkan pada titik pengukuran setinggi zona pernapasan.

b. Sampling udara dengan *Low Volume Sampler*

a) Peneliti menyiapkan bahan-bahan yang dibutuhkan yaitu kertas saring dari fiber glass dengan ukuran 0,5 μm .

b) Menyiapkan kertas saring *fiber glass* yang telah dikeringkan dengan memasukkan kedalam desikator selama kurang lebih 1 x 24 jam timbang dan catat beratnya.

c) Siapkan *Low Volume Sampler* yang telah dirangkai dengan flowmeter pada titik lokasi yang telah ditetapkan sebelumnya, yaitu di dekat tenaga kerja terpapar debu dengan menggunakan tripod kira-kira setinggi zona pernapasan tenaga kerja.

d) LVS dihubungkan dengan pompa pengisap udara dengan menggunakan selang silikon atau teflon.

e) Atur kecepatan aliran udara 10 l/menit.

- f) Pasang kertas saring yang telah ditimbang pada filter holder kemudian dirakitkan kepada *Low Volume Sampler*.
 - g) Pada saat pompa *Low Volume Sampler* dihidupkan, catat waktunya demikian juga suhu dan tekanan udara harus dicatat.
 - h) Pengambilan sampel dilakukan selama 1 jam pada periode kegiatan pengasapan di titik tertinggi.
 - i) Kertas saring dilepas dari *filter holder* kemudian bersama dengan bingkainya dimasukkan kedalam amplop khusus kertas filter. Selanjutnya kertas dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.
2. Peneliti mendatangi satu persatu tempat responden untuk melaksanakan penelitian.
 3. Peneliti melakukan wawancara kepada responden dan melakukan pengamatan di lingkungan kerja responden serta melakukan pengukuran berat badan. Wawancara dalam pengamatan ini berpedoman pada kuesioner.

3.10 TEKNIK ANALISIS DATA

3.10.1 Teknik Pengolahan Data

Setelah proses penelitian selesai, kemudian dilakukan analisis data untuk memperoleh hasil dari proses pengambilan data yang telah dilakukan dan diperbolehkan untuk melengkapi data pendukung yang diperlukan.

Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian adalah:

1. *Editing*, dilakukan untuk mengecek kelengkapan data, kesinambungan, dan keseragaman data untuk menjamin validitas data
2. *Coding*, dilakukan untuk memudahkan dalam pengolahan data

3. *Entry*, memasukan data yang telah dilakukan coding ke dalam penelitian untuk dianalisis.
4. *Cleaning*, yaitu data yang telah diperoleh dikumpulkan untuk dilakukan pembersihan dengan mengecek data yang benar saja yang diambil sehingga tidak terdapat data yang meragukan atau salah.

3.10.2 Analisis Data

3.10.2.1 Analisis Univariat

Analisis pada penelitian ini dibedakan antara variabel numerik dan variabel kategorik. Distribusi data kategorik disajikan dengan menggunakan tabel dan analisis yang ditampilkan adalah jumlah dan persentase. Variabel kategorik yang disajikan meliputi, *intake* TSP, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan tingkat risiko.

Data numerik yang ditampilkan adalah nilai *mean*, *median*, minimum-maksimum, standar deviasi, dan kenormalan distribusi. Analisis data akan diawali oleh uji normalitas data. Data akan dianalisis untuk mengetahui sebaran datanya, apakah data terdistribusi secara normal atau tidak. Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Variabel numerik yang disajikan meliputi konsentrasi TSP, berat badan, dan durasi pajanan.

3.10.2.2 Analisis Konsentrasi pajanan TSP

Setelah data konsentrasi TSP didapatkan, selanjutnya data tersebut dianalisis untuk mengetahui nilai *intake* dan tingkat risiko pekerja. Untuk mendapatkan nilai *intake* dan tingkat risiko, data konsentrasi TSP di lingkungan

kerja, data berat badan, dan data karakteristik pekerja disubstitusikan dan dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- Ink : *Intake* TSP (mg/kg/hari)
 C : Konsentrasi TSP udara ambien (mg/m³)
 R : laju inhalasi (mg/m³)
 tE : lama pajanan (jam/hari)
 fE : frekuensi pajanan (hari/tahun)
 Dt : Durasi pajanan
 Wb : Berat badan (kg)
 tavg : Periode waktu rata-rata

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

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

Keterangan :

- RQ : Tingkat risiko TSP
 I : *Intake* TSP (mg/kg/hari)
 RfC :Dosis Referensi TSP (mg/kg/hari)

Setelah didapatkan nilai *intake* dan tingkat risiko pekerja, data akan dianalisis secara kategorik untuk melihat apakah seseorang berisiko terhadap

pajanan TSP atau tidak. Analisis ini dilakukan dengan mengkategorikan sampel dengan ($RQ > 1$) dan ($RQ < 1$). Apabila sampel mempunyai nilai $RQ > 1$ maka, sampel dikatakan berisiko mengalami gangguan kesehatan karena pajanan TSP dalam periode waktu tertentu. Apabila sampel memiliki nilai $RQ < 1$ maka, sampel dikatakan tidak berisiko mengalami gangguan kesehatan akibat pajanan TSP dalam periode waktu tertentu.

BAB VI

PENUTUP

6.1 SIMPULAN

1. Konsentrasi *Total Suspended Particulate* di industri skala kecil, menengah, dan besar masih berada di bawah NAB yang telah ditetapkan.
2. Nilai Rfc untuk *risk agent Total Suspended Particulate* adalah 0,83 mg/kg/hari.
3. Rata-rata nilai *intake/asupan* harian TSP seluruh pekerja masih di bawah nilai Rfc.
4. Tingkat risiko populasi pekerja industri kecil, industri menengah, dan industri besar baik pada pajanan *realtime* dan *lifespan* menunjukkan angka kurang dari satu ($RQ < 1$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pekerja tidak berisiko terkena gangguan kesehatan karena pajanan TSP walaupun terpajan sepanjang hayat.

6.2 SARAN

6.2.1 Bagi Industri

1. Memperhatikan faktor-faktor lingkungan seperti kepadatan ruang dan luas ventilasi agar dapat menciptakan ruang kerja yang nyaman dan memperhatikan aspek kesehatan.
2. Memberikan izin libur/cuti kepada pekerja, agar paparan pekerja terhadap pencemar dapat diminimalisasi.
3. Mewajibkan pekerja untuk menggunakan masker, agar pekerja tidak langsung terpapar pencemar.

6.2.2. Bagi Pemerintah

1. Merevitalisasi rumah pengasapan sesuai dengan Kepmenkes 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri
2. Merevitalisasi cerobong asap agar dibangun lebih tinggi dan dibuat sesuai kebutuhan.
3. Menghimbau kepada pemilik usaha untuk memberikan waktu libur kepada pekerja
4. Melakukan sosialisasi pentingnya penggunaan APD saat bekerja.

6.2.3 Bagi peneliti berikutnya

1. Melakukan pengukuran dengan parameter pencemar lain agar dapat diketahui *risk agent* mana yang paling berbahaya
2. Melakukan analisis risiko dengan beberapa *risk agent* agar diperoleh perbandingan antar beberapa parameter.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, u. f. (2011). *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Agency, E. P. (2017). *Indoor Particulate Matter*. Retrieved 05 12, 2019, from United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-particulate-matter>
- Agency, U. E. (1999). *Sampling of Ambient Air For Pm10 Concentration Using The Rupprecht and Patashnick (R&P) Low Volume Partisol® Sampler*.
- Alias, M., Hamzah, Z., & Kenn, L. S. (2007). PM10 and Total Suspended Particulates (TSP) Measurements Invariouspowerstations. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, , Vol 11, No 1: 255 -261.
- Araújo, I. P., Costa, D. B., & de Moraes, R. J. (2014). Identification and Characterization of Particulate Matter . *sustainability ISSN 2071-1050* , 7666-7688;.
- Ardam, K. A. (2015). Hubungan Paparan dan Lama Paparan dengan Gangguan Faal Paru Pekerja Overhaul Power Plant. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health* .
- Aurorina, E. (2003). Hubungan debu total ruang pengasapan ikan dengan gangguan fungsi paru pada pengasap ikan Banjarharjo Kota Semarang tahun 2003. *Tesis UI* .
- Brunner, k. T., Obiemberger, i., Jalava, p., & Hirvonen, M. R. (2010). PM Emission From Old and Modern Biomass Combustion Systems and Their Health Effect. *18th European Biomass Conference and Exhibition* , ISBN 978-88-89407-56-5.
- Budiono, i. (2007). Faktor Risiko Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Pengecatan Mobil (Studi pada Bengkel Pengecatan Mobil di Kota Semarang) . *Tesis* .
- Budiyono, a. (2001). Pencemaran Udara : Dampak Pencemran Udara Pada Lingkungan. *Berita Dirgantara* , Vol 2 No 1.
- Budiyono, a. (2001). Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara padda Lingkungan. *Berita Dirgantara* .
- Card, Jeffrey K., *et al.*(2007). Male Sex Hormones Promote Vagally Mediated Reflex Airway Responsiveness to Cholinergic Stimulation. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 292: L908–L914,

- Dewi, D. M. (2017). Faktor-Faktor Yang Berhubungan dengan Kapasitas Fungsi Paru Pekerja Pengasapan Ikan Sektor Informal Kelurahan Bandarharjo. *Skripsi* .
- Djafri, D. (2014). Prinsip dan Metode Analisis Risiko kesehatan Lingkungan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas* .
- Djojodibroto, d. (2015). *Respirologi*. Jakarta: EGC.
- DwicaHYo, B. H. (2017). Analisis kadar NH₃ Karakteristik Individu dan Keluhan Pernapasan Pemulung di TPA Sampah Benowo dan Bukan Pemulung di Sekitar TPA Sampah Benowo Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 9, No. 2 Juli 2017: 135–144* .
- Dzaki, a., & Sugiri, a. (2015). Kajian Eksternalitas Industri Pengasapan Ikan. *Jurnal Teknik PWK* , Volume 4 Nomor 1.
- Ediputri, V.A., Andarani, P., Wardhana, I.W.,(2017). Analisis Risiko Logam Berat (Pb dan Cu) dalam Total Suspended Particulate (TSP) Terhadap Kesehatan Siswa Dan Guru di Sekolah Dasar (Studi Kasus: SDN Pandean Lamper 01 dan SDN Sron dol Wetan 03). *Jurnal teknik lingkungan UNDIP*.
- F&J - Model GAS-60810-MHV - Mega High Volume Air Sampler System. Retrieved at 05 02 2019 from <https://www.environmental-expert.com/products/f-j-model-gas-60810-mhv-mega-high-volume-air-sampler-system-452384>
- F&J - Model LV-1D - Low Volume Air Sampler (100 - 120 VAC), Retrieved at 05 02 2019 from <https://www.environmental-expert.com/products/f-j-model-lv-1d-low-volume-air-sampler-100-120-vac-9154>
- Ermawati, M. (2017). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gambaran Fungsi Paru (Studi Kasus Pekerja Pengasapan Ikan Bandarharjo). *Skripsi* .
- EPA. 1990. Exposure Factors Handbook, EPA 600/8-89/043:US Environmental Protection Agency.
- Falahdina, a. (2017). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM 2,5 pada Pedagang Tetap di Terminal Kampung Rambutan. *Skripsi* .
- Guyton, & Hall. (1997). *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Haryoto, Setyono, P., & Masykuri, M. (2014). Fate Gas Amoniak Terhadap Besarnya Risiko Gangguan Kesehatan pada Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Surakarta. *Jurnal Ekosains / Vol. VI / No. 2 / Juli 2014* .

- Heruwati, e. (2002). Pengolahan Ikan Secara Tradisional : Prospek dan Peluang Pengembangan, Jurnal. *IPB, Bogor.* , Volume 21 Nomor 3.
- Jamilatun, S. (2008). Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 2, No. 2.* , .
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2012). *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.*
- Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 8 Tahun 2001 Tentang Baku Mutu Udara Ambeien Jawa Tengah.
- Khairiyah. (2012). Analisis Konsentrasi Debu dan Keluhan Kesehatan Masyarakat di Sekitar Pabrik Semen di Desa Kuala Indah Kecamatan Sei Suka Kabupaten Batu Bara 2012 . *Jurnal USU* .
- Khumaidah. (2009). Analisis yang Berhubungan dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja Mebel PT Kota Jati Furnindo Desa Suwawal Kecamatan Mlonggo Kabupaten Jepara. *Tesis UNDIP* .
- Koesyanto, h. (2014). *Higiene Lingkungan Kerja Perusahaan.* Semarang: Anugerah.
- Kristianto. (2012). *Ekologi Industri.* Yogyakarta: Andi.
- Lai, K. m. (2009). Outdoor environments and human pathogens in air. <http://www.ehjournal.net/content/8/S1/S15> .
- Maansyur. (2002). Toksikologi dan Absorpsi Agen Toksik.
- Marcos Abdo Arbex, L. C. (2007). Air pollution from biomass burning and asthma hospital. *J Epidemiol Community Health* , 61:395–400.
- Marpaung, y. m. (2012). Pengaruh Paparan Debu Respirable PM 2,5 Terhadap Kejadian Gangguan Fungsi Paru Pedagang Tetap di Terminal Terpadu Kota Depok. *Skripsi UI* .
- Martono, h., & Sulistiyani, n. (2004). Tingkat Kebisingan di DKI Jakarta dan Sekitarnya. *Media Litbang Kesehatan* , Volume XIV nomor 3.
- Maryono, S., & Rahmawati, P. (2013). Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau Dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemical* .
- Mazzei, F., D'Alessandro, A, L., & F, N. (n.d.). (2008). Characterization of particulate matter sources in an Urban Environment. *Science Of The Total Environment* 401 (2008) 81–89 .
- Midget Impinger, Glass, 25 ml, with Fritted Nozzle, Retrieved 05 02 2019, from https://www.skinc.com/catalog/product_info.php?products_id=373

- Notoatmodjo, S. (2012). *Metodelogi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Novitasari, D.I., Wijayanti, Y. 2018. Faktor Individu, Paparan Debu, dan CO dengan Gambaran Faal Paru Petugas SPBU. *Higeia Journal of Public Health Research and Development* Vol 2 (4)
- Nugroho, A. S. (2012). Hubungan Konsentrasi Debu Total dengan Gangguan Fungsi Paru pada Pekerja di PT. KS. *Tesis UI*.
- OSHA. Annotated PELs. Retrieved 05 05 2019, from Occupational Safety and Health Administration: <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>
- Particulate Matter (PM 10 dan PM 2,5)*. (2017). Retrieved 05 12, 2019, from National Pollutant Inventory: <http://www.npi.gov.au/resource/particulate-matter-pm10-and-pm25>
- Pearce, E. (2009). *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No. 5 Tahun 2018, *Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
- Prasetyotomo, D. E., Huboyo, S. H., & Hadiwidodo, M. (2015). Analisis Kualitas Total Suspended Particulate (TSP) Dalam Ruangan Pada Proses Pengasapan (Studi Kasus: Sentra Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo).
- Purnama, S. G., & Purnama, I. G. (2017). *Toksikologi Lingkungan Pariwisata*. Universitas Udayana.
- Rahman, A. (2007). *Bahan Ajar Pelatihan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kajian Aspek Kesehatan Masyarakat dalam Studi Amdal dan Kasus-Kasus Pencemaran Lingkungan*. Depok: Pusat Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Rahman, A., Nukman, A., Setyadi, Akib, C. R., Sofwan, & Jarot. (2008). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pertambangan Kapur di Sukabumi, Cirebon, Tegal dan Tulung Agung. *Jurnal Ekologi Kesehatan* Vol 7 No1 .
- Respiratory System Images. Retrieved 28 07 2019, from pixabay.com/health-medicine
- Sari, D. P., Budiono, & Astorina, N. (2017). Faktor Terkait Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Wanita Di Pabrik Rokok Praoe Lajar Semarang,. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* Volume 5, Nomor 5, Oktober 2017 (ISSN: 2356-3346) .

- Sasmito, A. W., Wijayanti, A. D., Fitriana, I., & Sari, P. W. (2015). Pengujian Toksisitas Akut Obat Herbal Pada Mencit Berdasarkan Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). *Jurnal Sains Veteriner* .
- Scott, M. P. (1987). Applications of Risk Assessment Techniques To Hazardous Waste Management. *Wate Management and Research* .
- Shoimah, h., purnaweni, h., & yulianto, b. (2013). Pengelolaan Lingkungan di Sentra Pengasapan Ikan Desa Wonosari. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013* , ISBN 978-602-17001-1-2.
- Sholihah, m., & Tualeka, A. R. (2015). Studi Faal Paru Dan Kebiasaan Merokok pada Pekerja yang Terpapar Debu . *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, Vol. 4, No. 1* .
- Silva, J. L. (2015). Characterization of particulate emissions from biomass. *Dissertação de Mestrado Universidade de Lisboa* .
- Siswanto, A. (1994). *Toksikologi Industri*. Suarabaya: Balai Kesehatan Kerja Jawa Timur.
- Sivaramasundaram, K., & Muthusubramanian, P. (2009). A preliminary assessment of PM10 and TSP concentrations in Tuticorin, India. *Air Qual Atmos Health (2010) 3:95–102* .
- Siwiendriyanti, A., Pawenang, E. T., & Widowati, E. (2016). *Toksikologi Kesmas*. Semarang: Cipta Prima Nusantara.
- SNI 16-7058-2004. Pengukuran Kadar Debu Total di Udara Lingkungan Kerja.
- Soemawarto. (2004). *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Soemirat, J. (2005). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Sucipto, e. (2007). Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru. *Tesis Undip* .
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelittian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suma'mur. (1996). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja* . Jakarta: PT Toko Gunung Agung.
- Suripto, M. (2008). *Higiene Industri*. Jakarta: FK UI.
- Talib, A. A., Maschowskic, C., Khanaqa, P., Garra, P., -K€aufefer, M. G., Wingert, N., et al. (2018). Characterization and in vitro biological effects of ambient

air PM10 from a rural, an industrial and an urban site in Sulaimani City, Iraq. *Toxicological & Environmental Chemistry* .

Thaib, Y. P., Lampus, B. S., & Akili, R. H. (2013). Hubungan Antara Paparan Debu Dengan Kejadian Gangguan Saluran Pernafasan Hubungan Antara Paparan Debu Dengan Kejadian Gangguan Saluran Pernafasan.

Thohyama, C. (2017). Editorial Towards Comprehensive Health Risk Assessments of Chemicals For Occupational and Environmental Health. *Industrial Health* 2017, 55, 199–200 .

Wardana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.

WHO. (2014, Maret 25). *7 million premature deaths annually linked to air pollution*. Retrieved Maret 24, 2018, from WHO.org: WHO%20_%207%20million%20premature%20deaths%20annually%20linke d%20to%20air%20pollution.html

WHO. (2017). *Particulate Matter*.

WHO. (2016). *Preventing disease through healthy environments*.

Widowati, i. r., Febbiyana, a., Ismail, r., Fatmawati, s., & Hudaya, z. h. (2013). Kajian Industri Pengasapan Ikan Bandarharjo. *Jurnal Ruang* , Volume 1 Nomor 2 .

Wiley, J., & Sons, I. (2007). *Risk Assessment For Environmental Health*. US America: Jossey-Bass.

Wu, J.-Z., Ge, D.-D., Zhou, J.-Z., Hou, L.-Y., Zhou, Y., & Li, Q.-Y. (2018). Effects of particulate matter on allergic respiratory diseases. *Chronic Diseases and Translational Medicine* 4 (2018) 95e102 .

Yulaekah, S. (2007). Paparan Debu Terhirup Dan Gangguan Fungsi Pada Pekerja Industri Batu Kapur (Studi Di Desa Mrisi Kecamatan Tanggunharjo) . *Tesis* .

Yusnabaeti, Wulandari, R. A., & Luciana, R. (2010). PM10 dan Infeksi Saluran Pernafasan Akut. *Makara, Kesehatan, Vol. 14, NO. 1, , 25-30*.