



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN  
*PARTICULATE MATTER (PM<sub>2.5</sub>)* DI KAWASAN INDUSTRI  
PELEBURAN ALUMINIUM**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**Dwi Lia Oktaviana**  
**NIM 152110101129**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN  
*PARTICULATE MATTER (PM<sub>2.5</sub>)* DI KAWASAN INDUSTRI  
PELEBURAN ALUMINIUM**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat  
dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh:

**Dwi Lia Oktaviana  
NIM 152110101129**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah segala puji bagi Allah atas segala kesempatan, nikmat dan karuniaNya. Bismillahirrohmanirrohim, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya, Bapak Sumanto dan Ibu Rukiyati. Terimakasih untuk cinta, kasih, dan sayang yang tiada henti, dukungan yang terus mengalir baik secara moril maupun materi, dan selalu berada disisi saya tanpa mengeluh. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kebahagiaan, perlindungan, kesehatan, dan senantiasa melimpahkan rezekinya.
2. Adik-adikku tercinta, Mochammad Arif Fauzan dan Azmi Nur Azizah. Terimakasih atas segala doa dan dukungan yang tiada henti.
3. Almamater tercinta, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

**MOTTO**

*“...Hasbunallah wa ni'mal wakiil, Ni'mal maula wa ni'man nashir...”*

Cukuplah Allah sebagai penolong kami, dan Allah adalah sebaik-baik pelindung

(Terjemahan Surat Ali Imran: 173)<sup>\*)</sup>



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 1994. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Lia Oktaviana

NIM : 152110101129

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Mei 2019

Yang menyatakan,

Dwi Lia Oktaviana

NIM 152110101129

**PEMBIMBINGAN**

**SKRIPSI**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN PAJANAN  
*PARTICULATE MATTER (PM<sub>2.5</sub>)* DI KAWASAN INDUSTRI  
PELEBURAN ALUMINIUM**

**Oleh**

**Dwi Lia Oktaviana  
NIM 152110101129**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes

Dosen Pembimbing Anggota : Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 15 Mei 2019  
Tempat : Ruang Sidang 1 FKM UNEJ

Pembimbing		Tanda Tangan
1. DPU	: Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes NIP. 197509142008121002	(.....)
2. DPA	: Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes NIP. 197708282003122001	(.....)
Penguji		
1. Ketua	: Christyana Sandra, S.KM., M.Kes NIP. 198204162010122003	(.....)
2. Sekretaris	: Ellyke, S.KM., M.KL NIP. 198104292006042002	(.....)
3. Anggota	: Erwan Widiyatmoko, S.T NIP. 197802052000121003	(.....)

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes  
NIP. 198005162003122002

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala kesempatan, nikmat dan karuniaNya sehingga dapat terselesaikannya skripsi dengan judul *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium*. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program S-1 Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Skripsi ini menjelaskan terkait tingkat risiko kesehatan yang akan diterima oleh masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar kawasan industri peleburan aluminium akibat paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yang dihasilkan dari proses peleburan aluminium, sehingga nantinya dapat ditentukan pengelolaan risiko yang relevan untuk menurunkan tingkat risiko kesehatan masyarakat yang diakibatkan oleh paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>).

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah membimbing, memberikan petunjuk, koreksi, dan saran hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Maka penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan pula kepada yang terhormat:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember
3. Ibu Christyana Sandra, S.KM., M.Kes., selaku Ketua Penguji, Ibu Ellyke, S.KM., M.KL., selaku Sekretaris Penguji, dan Bapak Erwan Widiyatmoko,



S.T., selaku Penguji Anggota dan Ketua Laboratorium Kesehatan Daerah Jember

4. Terimakasih kepada Bapak Kepala Desa Kendalsari dan Bapak Kepala Dusun Kedungsari yang telah mengizinkan dan membantu penelitian saya di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.
5. Terimakasih kepada Bapak Mohamad Affan Samudra selaku laboran Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim yang telah banyak membantu proses penelitian.
6. Teman-teman peminatan Kesehatan Lingkungan 2015 yang telah memberikan banyak dukungan dan motivasi dalam berbagai kesempatan.
7. Terimakasih kepada sahabat dan saudaraku Viona Reza Maulinda, Erin Arifah Wijaya, dan Annisa Firdaus yang telah banyak membantu saya dalam proses penyempurnaan skripsi, selalu membawa tawa ceria, dan setia menjadi pendengar untuk setiap keluh kesah.
8. Teman-teman Persakmi Jombang yang telah menjadi keluarga saya selama di Jember. Terimakasih untuk setiap waktu yang diluangkan dan pengalaman keluarga baru yang menyenangkan.
9. Teman-teman angkatan 2015, kelompok 1 PBL, dan kelompok magang, terimakasih untuk semua pengalaman berharga yang tidak terlupakan, serta seluruh pihak yang telah banyak membantu, terimakasih untuk bantuan dan kerjasamanya, hanya Allah yang mampu membalas seluruh kebaikan dengan pahala berlipat.

Penulis telah menyusun skripsi ini dengan optimal, namun penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan yang membangun. Penulis meminta maaf atas segala kekurangan, semoga tulisan ini membawa manfaat kepada seluruh pihak yang memanfaatkan. Atas perhatian dan dukungannya penulis sampaikan terimakasih.

Jember, Mei 2019

Penulis

## RINGKASAN

**Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium;** Dwi Lia Oktaviana; 152110101129; 2019; 144 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember.

Pertumbuhan dan perkembangan industri telah meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup manusia. Dusun Kedungsari, Desa Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang merasakan keuntungan tersebut dari keberadaan industri peleburan aluminium. Industri peleburan aluminium di Dusun Kedungsari, Desa Kendalsari, Kecamatan Jombang berjumlah 15 industri yang memanfaatkan sisa-sisa aluminium dari industri yang lebih besar. Keberadaan industri peleburan aluminium tersebut selain memberikan keuntungan juga memiliki risiko terhadap kesehatan masyarakat sekitar. Risiko kesehatan pada masyarakat dapat disebabkan oleh *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yang dihasilkan dari proses peleburan aluminium. Risiko kesehatan yang disebabkan oleh paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) pada masyarakat dapat dinilai dengan menggunakan empat tahapan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji risiko dan mengelola risiko kesehatan lingkungan paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium. Jenis penelitian ini adalah deskriptif yang memiliki dua sampel penelitian, yaitu sampel lingkungan dan sampel manusia. Sampel lingkungan yang diukur adalah udara ambien sekitar industri peleburan aluminium untuk mengukur konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>). Lokasi pengukuran udara ambien sebanyak 5 titik pengukuran yang tersebar di sekitar industri peleburan dan pemukiman masyarakat. Sampel manusia dalam penelitian ini, yaitu masyarakat yang tinggal di sekitar industri peleburan aluminium.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di sekitar kawasan industri peleburan aluminium Dusun Kedungsari masih berada dibawah baku mutu lingkungan sebesar 0,26 mg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran

*particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) konsentrasi maksimum berada di lokasi B sebesar 0,071 mg/m<sup>3</sup> dan konsentrasi minimum berada di lokasi A sebesar 0,030 mg/m<sup>3</sup>. Perhitungan ARKL dalam penelitian ini menggunakan nilai konsentrasi maksimum dan minimum tersebut ditambah dengan konsentrasi rata-rata hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di lima lokasi, yaitu sebesar 0,0468 mg/m<sup>3</sup>. Nilai konsentrasi referensi (*RfC*) yang digunakan dalam menghitung intake dan tingkat risiko diturunkan dari baku mutu udara *National Ambient Quality Standar* (NAAQS) EPA, karena nilai *RfC* untuk PM<sub>2.5</sub> tidak tersedia dalam *IRIS*. Nilai konsentrasi referensi dari PM<sub>2.5</sub> penelitian ini sebesar 0,012 mg/kg/hari.

Tingkat risiko non karsinogenik tingkat populasi dan individu pada konsentrasi maksimum dan konsentrasi rata-rata dari *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) menunjukkan nilai *RQ* > 1 yang berarti bahwa tingkat risiko paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) sudah tidak aman untuk masyarakat sekitar industri peleburan aluminium. Tingkat risiko yang tidak aman membutuhkan tindakan pengelolaan risiko untuk menanggulangi risiko terhadap kesehatan. Pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui strategi pengelolaan risiko berupa penentuan batas aman untuk konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) sebesar 0,03141 mg/Nm<sup>3</sup> dan durasi paparan aman selama 18,45 tahun. Batas-batas aman tersebut dapat dicapai dengan cara melakukan perbaikan bangunan tempat melakukan peleburan aluminium, mengganti alat pengangkut bahan baku dan limbah abu sisa peleburan aluminium, dan memasang filter penyaring udara. Perbaikan terhadap sarana peleburan aluminium bertujuan untuk memperkecil kemungkinan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) lepas ke udara ambien. Komunikasi risiko perlu dilakukan untuk mengkomunikasikan bahaya sisa-sisa peleburan aluminium kepada masyarakat dan pemerintah, selain itu komunikasi risiko bertujuan untuk menyampaikan pilihan manajemen risiko yang relevan.

**SUMMARY**

***Environmental Health Risk Assessment Of Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) In The Aluminum Smelting Industry; Dwi Lia Oktaviana; 152110101129; 2019; 144 pages; Department of Enviromental Health and Occupational Safety, Faculty of Public Health, University of Jember.***

Industrial growth and development has increased the welfare and quality of human life. Kedungsari hamlet, Kendalsari village, Sumobito Subdistrict, Jombang regency felt this advantage from the existence of the aluminum smelting industry. The aluminum smelting industry in Kedungsari hamlet, Kendalsari village, Sumobito Subdistrict, Jombang regency has 15 industries that utilize aluminum remnants from larger industries. The existence of the aluminum smelting industry in addition to providing benefits also has risks to the health of the surrounding community. Health risks in the community that caused by exposure to *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) in the community can be assessed using the four stages of the Environmental Health Risk Analysis (ARKL) method.

This study aims to assess the risks and manage environmental health risk of exposure *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) in the aluminum smelting industry. This type of research is descriptive which has two research samples, environmental samples and human samples. The measured environmental samples is ambient air around the aluminum smelting industry to measure concentration *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>). The location for measuring ambient air is five measurement points scattered around the smelting industry and community settlements. Human samples in this study, was people who live around the aluminum smelting industry.

Results showed that concentration *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) around the aluminum smelting industrial area of Kedungsari Hamlet were still below the environmental quality standard of 0,26 mg/m<sup>3</sup>. The results of measurements *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) of maximum concentration were at location B at 0,071 mg/m<sup>3</sup> and the minimum concentration was at location A at 0,030 mg/m<sup>3</sup>. The ARKL calculations in this study used the maximum and minimum concentration

values, with the average concentration of measurements *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) in five locations, namely 0,0468 mg/m<sup>3</sup>. The reference concentration value (*RfC*) used in calculating the intake and risk level is derived from the air quality *National Ambient Quality Standard* EPA (NAAQS), because the value of *RfC* for PM<sub>2.5</sub>, is not available in *IRIS*. The value of reference concentration from PM<sub>2.5</sub> of this study was 0,012 mg/kg/day.

The level of non carcinogenic risk of population and individual levels at maximum concentrations and average concentrations of *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) shows value  $RQ > 1$  which means that the level of exposure risk *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) is not safe for communities around the aluminum smelting industry. Unsafe levels of risk require risk management measures to address risks to health. Risk management can be done through a risk management strategy in the form of determining safe limits for *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) concentrations of 0,03141 mg/m<sup>3</sup> and safe exposure duration of 18,45 years. The safe boundaries can be achieved by repairing the building where aluminum smelting is done, replacing the transport of raw materials and waste from the remnants of aluminum smelting, and adding an air filter. Improvements to aluminum smelting facilities aim to minimize the possibility of *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) being released into ambient air. Risk communication needs to be done to communicate the dangers of the remnants of aluminum smelting to the public and the government, besides risk communication aims to convey relevant risk management options.

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PEMBIMBINGAN.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB 1.PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.3.1 Tujuan Umum.....	5
1.3.2 Tujuan Khusus.....	5
1.4 Manfaat .....	6
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	6
1.4.2 Manfaat Praktis.....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Udara.....	7
2.1.1 Pengertian Udara .....	7
2.1.2 Pencemaran Udara.....	7
2.1.3 Sumber Pencemar Udara .....	8

2.1.4	Parameter Udara .....	8
2.1.5	Faktor –Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran .....	9
2.2	<i>Particulate Matter (PM)</i> .....	10
2.2.1	Pengertian <i>Particulate Matter</i> dan Karakteristik .....	10
2.2.2	Sumber <i>Particulate Matter (PM)</i> .....	11
2.2.3	MekanismenPajanan ke Manusiaan .....	12
2.2.4	Efek <i>Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>)</i> terhadap Kesehatan .....	13
2.2.5	Pengukuran <i>Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>)</i> .....	15
2.3	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan .....	16
2.3.1	Identifikasi Bahaya.....	17
2.3.2	Analisis Dosis - Respon .....	18
2.3.3	Analisis Pajanan .....	19
2.3.4	Karakterisasi Risiko .....	21
2.4	Pengelolaan Risiko .....	22
2.5	Komunikasi Risiko .....	25
2.6	Aluminium .....	25
2.7	Kerangka Teori .....	27
2.8	Kerangka Konsep.....	28
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	30
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	30
3.2.1	Tempat Penelitian.....	30
3.2.2	Waktu Penelitian .....	30
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian .....	31
3.3.1	Populasi Penelitian .....	31
3.3.2	Sampel Penelitian .....	31
3.3.3	Teknik Pengambilan Sampel.....	33
3.4	Variabel dan Definisi Operasional.....	35
3.5	Prosedur Penelitian .....	38
3.5.1	Alat Pengukuran Sampel Udara Ambien dan Berat Badan Responden .....	38

3.5.2	Proses Pengukuran Sampel Udara dan Berat Badan .....	40
3.6	Data dan Sumber Data .....	41
3.6.1	Data primer .....	41
3.6.2	Data Sekunder .....	41
3.7	Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data.....	41
3.7.1	Teknik Pengumpulan Data .....	41
3.7.2	Instrumen Pengumpulan Data .....	43
3.8	Teknik Pengolahan, Analisis, dan Penyajian Data .....	43
3.8.1	Teknik Pengolahan Data .....	43
3.8.2	Analisis Data .....	44
3.8.3	Teknik Penyajian Data .....	44
3.9	Alur Penelitian .....	45
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
4.1	Hasil .....	46
4.1.1	Gambaran Umum Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang .....	46
4.1.2	Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) Udara Ambien .....	51
4.1.3	Identifikasi Bahaya <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) .....	54
4.1.4	Dosis Respon <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) .....	56
4.1.5	Pajanan <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) pada Masyarakat di Kawasan Industri Peleburan Aluminium .....	58
4.1.6	Karakterisasi Risiko pada Masyarakat Akibat Paparan <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium.....	62
4.1.7	Pengelolaan Risiko .....	67
4.1.8	Komunikasi risiko .....	71
4.2	Pembahasan .....	71
4.2.1	Karakteristik Responden .....	71
4.2.2	Hasil Pengukuran Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) Udara Ambien .....	75



4.2.3	Identifikasi Bahaya <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) .....	78
4.2.4	Dosis Respon <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) .....	80
4.2.5	Pajanan <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) pada Masyarakat di Kawasan Industri Peleburan Aluminium .....	81
4.2.6	Karakterisasi Risiko pada Masyarakat Akibat Paparan <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium.....	83
4.2.7	Pengelolaan Risiko .....	86
4.2.8	Komunikasi risiko .....	91
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>92</b>
5.1	Kesimpulan .....	92
5.2	Saran .....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>95</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>101</b>	

**DAFTAR TABEL**

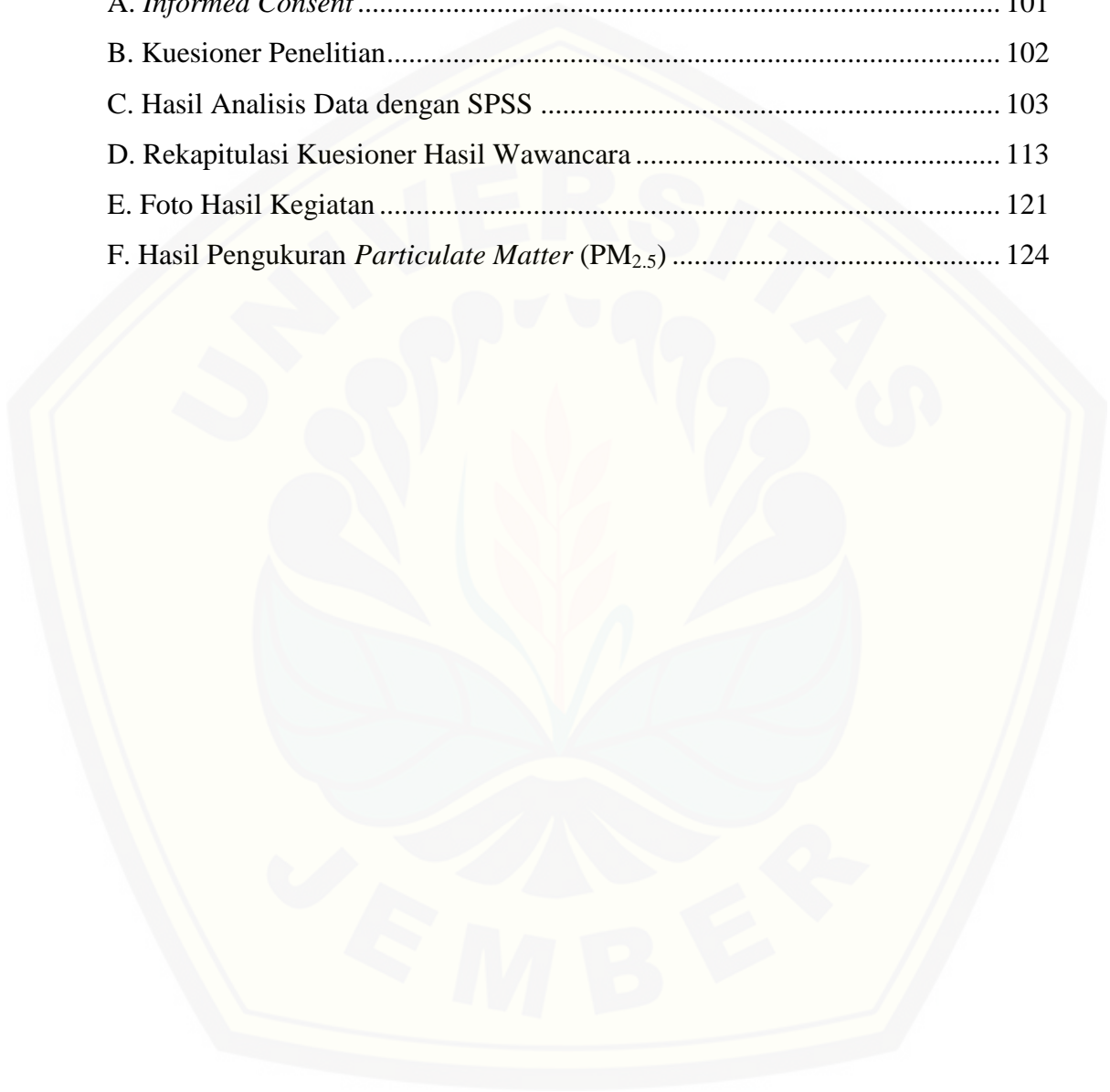
	Halaman
2. 1 Arti Notasi Rumus .....	20
3. 1 Definisi Operasional.....	36
4. 1 Tingkat Pendidikan Masyarakat Desa Kendalsari .....	47
4. 2 Karakteristik Responden .....	47
4. 3 Hasil Pengukuran Udara Ambien.....	53
4. 4 Konsentrasi PM <sub>2.5</sub> .....	54
4. 5 Identifikasi Bahaya.....	55
4. 6 Intake <i>Realtime</i> PM <sub>2.5</sub> Tingkat Populasi .....	59
4. 7 Intake <i>Realtime</i> PM <sub>2.5</sub> Tingkat Individu.....	62

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2. 1 Bagan Alir Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).....	17
2. 2 Kerangka Teori.....	27
2. 3 Kerangka Konsep.....	28
3. 1 Lokasi Pengukuran Sampel Udara Ambien.....	34
3. 2 <i>Aerosol 531S portable particle mass profiler and counter</i> .....	38
3. 3 <i>Thermohygroanemometer</i> .....	39
3. 4 Timbangan <i>Bathroomscale</i> .....	39
3. 5 Alur Penelitian.....	45
4. 1 Lokasi Pengukuran PM <sub>2.5</sub> .....	52
4. 2 Grafik Intake <i>Lifetime</i> PM <sub>2.5</sub> .....	60
4. 3 Grafik Intake <i>Lifetime</i> PM <sub>2.5</sub> Tingkat Individu.....	62
4. 4 Grafik Tingkat Risiko Non Karsinogenik Paparan <i>Lifetime</i> PM <sub>2.5</sub> .....	65
4. 5 Grafik Tingkat Risiko Non Karsinogenik Paparan <i>Lifetime</i> PM <sub>2.5</sub> .....	67

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. <i>Informed Consent</i> .....	101
B. Kuesioner Penelitian.....	102
C. Hasil Analisis Data dengan SPSS .....	103
D. Rekapitulasi Kuesioner Hasil Wawancara .....	113
E. Foto Hasil Kegiatan .....	121
F. Hasil Pengukuran <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ) .....	124



## DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

### DAFTAR SINGKATAN

PM	= <i>Particulate Matter</i>
ARKL	= Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
RfC	= <i>Reference Concentration</i>
NAAQS	= <i>National Ambient Air Quality Standard</i>
$W_b$	= <i>Weight of body</i>
$t_E$	= <i>Time of exposure</i>
$f_e$	= <i>Frequency of exposure</i>
$D_t$	= <i>Duration time</i>
Ink	= <i>Intake non carcinogenic</i>
RQ	= <i>Risk Qoutien</i>

### DAFTAR NOTASI

%	= Persen
$^{\circ}\text{C}$	= Derajat Celcius
>	= Lebih dari
<	= Kurang dari
$\geq$	= Lebih dari sama dengan
$\leq$	= Kurang dari sama dengan
$\mu$	= Mikro

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan industri saat ini berjalan sangat cepat didukung dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia agar tercapai kualitas dan kenyamanan hidup yang maksimal (Mukono, 2008: 1). Namun perkembangan industri membawa dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan salah satunya oleh akibat pencemaran udara. *World Health Organization* (WHO, 2016: 33) menyatakan bahwa polusi udara saat ini menjadi beban global terkait masalah lingkungan, sebesar 92% populasi penduduk dunia saat ini tinggal di daerah yang kualitas udaranya melebihi batas yang telah ditetapkan oleh WHO.

Polusi udara merupakan salah satu penyebab kesakitan dan kematian, sekitar 4,3 juta kematian tiap tahun di negara berkembang disebabkan karena paparan terhadap polusi udara (WHO, 2015: 1). Angka kematian akibat polusi udara di dunia yang diakibatkan oleh partikel padat pada tahun 2015 sebesar 57,54 per 100.000 penduduk, angka tersebut meningkat dari tahun 2010 yakni sebesar 56,91 per 100.000 penduduk. Angka kematian absolut akibat polusi udara oleh partikel padat dan ozon (O<sub>3</sub>) yang terjadi di Indonesia pada tahun 2010 sebesar 71.372 kematian, kemudian angka tersebut meningkat pada tahun 2016 sebesar 80.650 kematian (Ritchie dan Roser, 2018). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa udara mempengaruhi kelangsungan hidup manusia dan derajat kesehatannya.

Kematian dan kesakitan akibat polusi udara seringkali disebabkan oleh *particulate matter* (PM). Paparan terhadap *particulate matter* (PM) berhubungan dengan kenaikan risiko gangguan pernapasan, penyakit jantung, gangguan pembuluh otak, dan penyakit paru (Yang, 2018: 1). *Particulate matter* (PM) merupakan suatu zat kimia kombinasi kompleks dari zat organik dan anorganik, yang terdiri dari partikel padat. Komponen utama dari *particulate matter* (PM) yaitu sulfat, nitrat, ammonia, sodium kloride, karbon, mineral debu, air, logam,

dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (WHO, 2016: 19). *Particulate matter* (PM) berasal dari alam dan kegiatan manusia (antropogenik). Sumber antropogenik menyumbang produksi *particulate matter* (PM) sebesar 10% dari total pengeluaran *particulate matter* (PM) di dunia (Perrino, 2010:37). Sumber antropogenik berasal dari aktivitas manusia seperti proses industri salah satunya industri peleburan aluminium, pembakaran bahan bakar fosil, dan pembakaran di rumah tangga.

*Particulate matter* (PM) merupakan salah satu bahan pencemar udara yang berbahaya karena ukurannya yang sangat halus. Partikel dengan ukuran diameter kurang dari 10  $\mu\text{m}$  disebut sebagai  $\text{PM}_{10}$ , dapat mencapai saluran pernapasan bagian atas melewati hidung, tenggorokan, sampai mampu memasuki paru (Krisanti, 2011: 107). *Particulate matter* (PM) yang berukuran kurang dari 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) disebut sebagai *fine particle* lebih berbahaya dibandingkan dengan  $\text{PM}_{10}$ , karena mampu berpenetrasi ke paru-paru lebih dalam sampai ke alveoli (Perrino, 2010:35). *Particulate matter* kurang dari 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) memiliki efek paling besar terhadap tubuh dan lingkungan atmosfer, paparan  $\text{PM}_{2.5}$  berbahaya terhadap organ pernapasan, dapat menyebabkan asma dan gangguan paru-paru (Abulude, 2016:2). Paparan terhadap  $\text{PM}_{2.5}$  juga berisiko terhadap kesehatan reproduksi serta mampu menginduksi kerusakan DNA (Lin, 2018: 12). Ukuran dari *particulate matter* (PM) menentukan waktu ketahanan partikel di atmosfer (WHO, 2006: 9). Ketahanan  $\text{PM}_{2.5}$  di atmosfer lebih lama jika dibandingkan dengan  $\text{PM}_{10}$ .  $\text{PM}_{2.5}$  mampu bertahan di atmosfer selama tiga hari sampai dengan satu minggu, sedangkan  $\text{PM}_{10}$  akan hilang melalui proses pengendapan dan hujan (WHO, 2006: 9).

Industri peleburan aluminium merupakan salah satu industri yang menghasilkan bahan pencemar udara berupa *particulate matter* ( $\text{PM}_{2.5}$ ) (Kristanto dalam Paramitha, 2013:12). Industri peleburan aluminium berkembang di banyak daerah di Indonesia, yaitu Sumatra, Jakarta, Bantul, Solo, Klaten dan salah satunya di Kabupaten Jombang. Kabupaten Jombang memiliki beberapa daerah yang terdapat industri peleburan aluminium, yaitu Kecamatan Peterongan dan Kecamatan Sumobito. Kecamatan Sumobito memiliki industri peleburan dengan

jumlah terbanyak, yaitu sebanyak 33 industri yang tersebar di empat dusun. Dusun Kendungsari sebanyak 15 industri, Dusun Kalimati dan Dusun Kuripan masing-masing sebanyak 5 industri, dan Dusun Kendalsari sebanyak 8 industri. Dusun Kedungsari memiliki jumlah industri terbanyak dan permasalahan kesehatan akibat limbah aluminium banyak dikeluhkan oleh masyarakat. Peleburan aluminium memanfaatkan sisa-sisa aluminium yang berasal dari industri besar untuk kemudian diolah kembali menghasilkan barang baru. Peleburan aluminium dilakukan secara sederhana menggunakan proses mekanis, yaitu melalui proses pemotongan bahan menjadi ukuran yang lebih kecil untuk memudahkan proses peleburan, kemudian proses pengayakan bahan dengan tujuan memperoleh ukuran yang sama, dan proses pengepresan bahan. Proses yang dilakukan sebelum peleburan ini menghasilkan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yang bila sampai ke lingkungan akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Ulfah (2017) melakukan penelitian tentang kualitas debu pada udara ambien dan keluhan kesehatan masyarakat di kawasan industri peleburan aluminium di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, dari tiga titik lokasi pengambilan sampel udara untuk pengukuran PM<sub>10</sub> terdapat dua titik lokasi yang kadar PM<sub>10</sub> melebihi baku mutu udara. Hasil observasi awal di Dusun Kedungsari, Desa Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang, diketahui terdapat 15 industri peleburan aluminium yang jarak industri dengan pemukiman penduduk sejauh 10 – 15 meter. Jarak industri dengan pemukiman sangat dekat kurang dari 2 km berpotensi menimbulkan bahaya bagi kesehatan masyarakat akibat polutan hasil proses industri (Permenperin, 2016: 8).

Berdasarkan hal tersebut dapat diasumsikan bahwa penduduk sekitar industri peleburan aluminium berisiko terhadap gangguan kesehatan akibat *particulate matter* yang dihasilkan dari proses peleburan aluminium. Besarnya risiko kesehatan yang akan diterima oleh masyarakat sekitar kawasan industri peleburan aluminium dapat dikaji menggunakan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)



merupakan suatu proses analisis yang memanfaatkan informasi terkait zat toksik di lokasi tertentu untuk menilai besarnya risiko yang akan terjadi di masyarakat apabila terpajan zat toksik tersebut. ARKL dapat digunakan untuk menilai besarnya risiko dari kegiatan yang sudah berjalan, risiko saat ini dan menilai besarnya risiko dimasa yang akan datang (Dirjen PP&PL, 2012:6).

Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan memberikan estimasi risiko, mengkaji tentang risiko yang dapat diterima atau ditoleransi, sehingga dapat ditentukan keputusan dan tindakan pencegahan untuk melindungi masyarakat, mengurangi tingkat keseriusan dan pengembalian mutu udara (Dirjen PP&PL, 2012: 6). Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) berperan sebagai suatu instrumen untuk memproteksi masyarakat agar tidak mengalami sakit. Langkah-langkah dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) yaitu identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis respon, karakterisasi risiko, manajemen risiko, dan komunikasi risiko (Soemirat, 2013: 8).

Masyarakat sekitar kawasan industri peleburan aluminium di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang sangat berisiko terhadap gangguan kesehatan akibat polutan yang dihasilkan dari proses peleburan aluminium. Apabila masyarakat secara terus menerus terpajan oleh polutan hasil peleburan aluminium khususnya *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>), maka dapat meningkatkan risiko terhadap gangguan kesehatan berupa penyakit batuk, pusing, flu, sesak napas, dan gangguan paru (Paramitha, 2013: 59). Sejauh ini kajian risiko kesehatan yang bersifat prediktif di pemukiman penduduk kawasan industri peleburan aluminium Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang belum pernah dilakukan. Oleh karena itu sangat dibutuhkan sebuah kajian untuk memperkirakan dampak paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) pada penduduk di kawasan industri peleburan aluminium melalui metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini diperoleh berdasarkan latar belakang diatas yaitu, “Bagaimana risiko kesehatan lingkungan pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium?”

## 1.3 Tujuan

### 1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini secara umum memiliki tujuan untuk mengkaji risiko kesehatan lingkungan pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menggambarkan lokasi penelitian Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang
- b. Mendeskripsikan hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium di 5 titik pengukuran.
- c. Mengidentifikasi adanya bahaya lingkungan berupa *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium
- d. Menghitung dosis respon *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) pada masyarakat di kawasan industri peleburan aluminium
- e. Mengukur pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) pada masyarakat di kawasan industri peleburan aluminium
- f. Mengkarakterisasi risiko pada masyarakat akibat pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium.
- g. Menyusun alternatif pengelolaan risiko yang dapat dilaksanakan di kawasan industri peleburan aluminium.
- h. Mengkomunikasikan risiko yang dapat dilaksanakan pada masyarakat, instansi atau dinas yang bersangkutan, dan industri yang berpengaruh di kawasan industri peleburan aluminium.

## 1.4 Manfaat

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Meningkatkan dan mengembangkan ilmu pengetahuan terkait kesehatan masyarakat terutama dalam bidang kesehatan lingkungan khususnya mengenai analisis risiko kesehatan lingkungan pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang

Memberikan informasi mengenai risiko terhadap kesehatan akibat aktivitas industri peleburan aluminium sehingga dapat menentukan upaya-upaya *controlling* yang tepat.

b. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi terkait risiko kesehatan pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) tersebut sebagai akibat dari aktivitas industri peleburan aluminium.

c. Bagi Peneliti

Sebagai tambahan referensi, pengetahuan, dan wawasan, dalam bidang analisis dan manajemen risiko kesehatan lingkungan pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>).

d. Bagi Pemilik Industri

Memberikan informasi mengenai risiko terhadap kesehatan akibat aktivitas industri peleburan aluminium dan alternatif pengelolaan risiko yang dapat dilaksanakan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Udara

#### 2.1.1 Pengertian Udara

Campuran dari berbagai gas yang berada di lingkungan secara teoritis merupakan pengertian dari udara (Mukono, 2008:5). Udara yang ada di lingkungan sekitar berupa gas yang berada mulai dari permukaan bumi, laut, sampai dengan angkasa (Cahyono, 2017:6). Udara tersebar secara acak dan bebas mengikuti volume bentuk ruang dimana udara tersebut berada. Udara merupakan komponen yang tersusun atas gas, partikel padat, partikel cair, energy, ion, dan zat organic (Cahyono, 2017:12). Nitrogen dan oksigen berada di udara dalam jumlah paling banyak diantara komponen lain, sehingga nitrogen dan oksigen dapat dikatakan sebagai komponen utama penyusun udara. Komponen lain penyusun udara yang keberadaannya di udara dalam jumlah lebih sedikit yakni argon dan karbon dioksida (Mukono, 2008: 5). Udara yang menjadi konteks dalam hal ini adalah udara yang berada di luar ruangan.

#### 2.1.2 Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Berdasarkan pengertian tersebut diatas aktivitas manusia baik sengaja atau tidak dapat menghasilkan zat-zat yang rilis ke lingkungan sebagai bahan pencemar. Keberadaan zat, energy, partikel padat maupun cair, gas, dan komponen lain yang seharusnya tidak ada di udara yang melebihi baku mutu dapat dikatakan sebagai pencemaran udara (Cahyono, 2017:65).

### 2.1.3 Sumber Pencemar Udara

Berikut ini adalah sumber-sumber pencemar udara di lingkungan.

#### a. Alami

Menurut Cahyono (2017:66-67) sumber pencemar alami di udara yaitu,

- 1) Aktivitas gunung berapi
- 2) Panas bumi
- 3) Kebakaran hutan atau lahan
- 4) Gas alam

#### b. Aktivitas manusia

Menurut Cahyono (2017: 66-67) sumber pencemar udara dari aktivitas manusia yaitu:

- 1) Sumber bergerak spesifik, yaitu bis, pesawat, kereta api
- 2) Sumber bergerak, yaitu sepeda motor dan mobil.
- 3) Sumber tidak bergerak spesifik berupa pembakaran sampah
- 4) Sumber tidak bergerak yaitu industri

### 2.1.4 Parameter Udara

Parameter udara untuk pemantauan kualitas udara menurut Cahyono (2017, 65-66) adalah sebagai berikut:

#### a. Parameter fisik udara

Parameter fisik udara yaitu,

- 1) Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembapan (%), kebisingan (dB (A)), pencahayaan (lux).
- 2) Kecepatan angin (knot, m/d, km/j), arah angin ( $^{\circ}$ ), tekanan udara (bar, atm).
- 3) Radiasi (Gy, Sv, Hz,  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , tesla).

#### b. Parameter kimia udara

Parameter kimia udara yaitu,

- 1) Gas : CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Pb, O<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>, HC, H<sub>2</sub>S, Cl<sub>2</sub>, *dioxin*, NH (ppm,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

- 2) Partikel :  $PM_{10}$ ,  $PM_5$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$ , *dust fall*, debu total, *smoke*, *fume*, *fog*, *mist*, *aerosol* (ppm,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Partikel secara materi termasuk parameter fisik, namun penekanan pengkajian pada kandungan kimia partikel, sehingga dimasukkan kelompok parameter kimia. Satuan parameter kimia umumnya ppm (*part per million*) atau BDS (Bagian Dalam Sejuta). Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, satuan yang digunakan sebagian besar adalah  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , huruf N dalam satuan tersebut adalah parameter diukur dalam kondisi suhu ruangan normal/suhu kamar  $25^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 1 atm atau 76 cmHg.

- c. Parameter mikrobiologi udara yaitu angka kuman ( $\text{CFU}/\text{m}^3$ ).

#### 2.1.5 Faktor –Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran

Pencemaran udara yang terjadi di lingkungan tidak terlepas dari pengaruh beberapa faktor yang dijelaskan sebagai berikut Mukono (2008:10-11):

- a. Kelembaban

Kelembaban relatif udara yang berada pada kisaran rendah yakni  $<60\%$  memiliki pengaruh yakni dapat mengurangi efek korosif dari bahan kimia. Namun kondisi tersebut berbalik apabila kelembaban relatif di lingkungan berada dalam nilai yang lebih atau sama dengan  $80\%$  dapat meningkatkan efek korosif bahan kimia yang berbahaya di lingkungan.

- b. Suhu

Suhu berbanding terbalik dengan kelembaban relatif, apabila terjadi penurunan suhu akan terjadi peningkatan kelembaban udara relatif yang akan mengakibatkan peningkatan efek korosif suatu bahan pencemar. Reaksi suatu bahan pencemar di lingkungan juga akan meningkat apabila terjadi peningkatan suhu.

- c. Sinar matahari

Peningkatan rangsangan suatu bahan pencemar dapat meningkat oleh karena sinar matahari. Oksidan utama yang berada di atmosfer yakni  $\text{O}_3$

sangat terpengaruhi oleh sinar matahari. Keadaan ini mengakibatkan kerusakan pada alat atau bahan yang terbuat dari karet.

d. Pergerakan udara

Pergerakan udara dapat meningkatkan abrasi terhadap bahan bangunan apabila pergerakan udara di lingkungan cepat.

## 2.2 *Particulate Matter (PM)*

### 2.2.1 Pengertian *Particulate Matter* dan Karakteristik

*Particulate matter* atau partikel yang berada di udara merupakan bentuk kompleks dari campuran dari zat kimia organik dan anorganik (WHO, 2003:7). *Particulate matter* disebut juga sebagai partikel polusi adalah sebuah bentuk pencampuran dari partikel padatan dan droplet cairan yang ditemukan di udara (EPA, 2016). Beberapa partikel seperti debu, kotoran, jelaga, atau asap merupakan beberapa partikel yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Partikel yang lain memiliki ukuran yang sangat kecil dan hanya bisa dilihat menggunakan mikroskop electron.

*Particulate matter* (PM) adalah campuran dari padatan, larutan dan larutan partikel tersuspensi di udara. Partikel tersuspensi terdiri dari berbagai macam variasi, komposisi, dan asal mulanya. Variasi partikel ini sesuai dengan sifat aerodinamisnya karena: (a) sifat ini mengatur pengangkutan dan penghilangan partikel dari udara; (b) sifat tersebut juga mengatur pengendapan partikel dalam sistem pernapasan; (c) berhubungan dengan komposisi kimia dan sumber partikel. Sifat-sifat tersebut secara mudah diketahui dari ukuran diameter partikel, yaitu ukuran kerapatan bola yang memiliki karakteristik aerodinamis yang sama.

Partikel dibagi menjadi beberapa kelompok sesuai dengan massa dan komposisinya, yaitu partikel kasar dan partikel halus. Batas antara partikel kasar dan halus biasanya diantara 1  $\mu\text{m}$  dan 2,5  $\mu\text{m}$ . Partikel yang lebih kecil mengandung bentuk aerosol sekunder (gas ke partikel), partikel pembakaran, padatan organik, dan uap logam. Partikel yang lebih besar biasanya mengandung material alam yang mengering dan debu dari transportasi dan industri. Partikel

halus mengandung komponen yang lebih asam (ion hidrogen) dan partikel yang memiliki aktivitas mutagenik (WHO, 2003:7).

Menurut *United States Environmental Protection Agency* (2016), partikel terdiri dari  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$ .  $PM_{10}$  merupakan partikel yang mudah terhirup dengan ukuran diameter 10 mikrometer atau lebih kecil, sedangkan  $PM_{2.5}$  merupakan partikel halus yang mudah terhirup dengan diameter 2,5 mikrometer atau lebih kecil lagi.

### 2.2.2 Sumber *Particulate Matter* (PM)

Partikel padat terdiri dari beberapa ukuran, bentuk dan dapat terbentuk dari ratusan bahan kimia yang berbeda. Beberapa partikel diemisikan langsung dari sumbernya, seperti tempat konstruksi, jalan yang tidak beraspal, persawahan, cerobong asap atau pembakaran. Sebagian besar partikel terbentuk di atmosfer sebagai hasil dari reaksi kimia kompleks seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida, yang mana polutan diemisikan dari tumbuhan, industri atau transportasi (EPA, 2016). Sumber penghasil *particulate matter* (PM) yaitu berasal dari alam seperti aktivitas vulkanik dan badai, dan berasal dari aktivitas manusia seperti transportasi, pembakaran bahan bakar di rumah tangga, dan proses industri. (WHO, 2003:5).

Partikel dengan ukuran submikrometer dapat diproduksi dari logam terkondensasi atau campuran komponen organik yang menguap karena proses pembakaran suhu tinggi. Partikel tersebut juga dapat diproduksi dari gas yang terkondensasi yang telah dikonversi di atmosfer menjadi zat kimia rendah uap dengan tekanan rendah. Partikel yang terbentuk dari reaksi intermediet dari gas di atmosfer disebut sebagai partikel sekunder. Partikel sulfat sekunder dan nitrat membentuk dominan dari partikel  $PM_{2.5}$ . Pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan minyak tanah dapat memproduksi partikel kasar (WHO, 2003:11).



### 2.2.3 Mekanisme Paparan ke Manusia

*Particulate matter* dapat masuk ke tubuh manusia melalui jalur inhalasi kemudian masuk ke saluran pernapasan sampai ke organ pernapasan yaitu paru. Paru sebagai alat kontak langsung yang konstan dengan lingkungan luar sehingga dapat terpapar berbagai macam organisme infeksius dan partikel atau gas-gas yang berbahaya. Paru memiliki mekanisme pertahanan untuk setiap situasi, mekanisme pertahanan tersebut melindungi paru dengan baik dari zat-zat berbahaya dengan cara mengeluarkan zat-zat berbahaya tersebut dari sistem pernapasan sebelum menimbulkan kerusakan terhadap saluran maupun organ pernapasan (WHO, 2005:56-57).

Sistem pernapasan memiliki mekanisme pertahanan yang melindungi organ pernapasan dari kerusakan akibat partikel-partikel asing berbahaya yang masuk ke saluran pernapasan dan paru. Saluran pernapasan mulai dari hidung sampai ke bronkiolus dijaga kelembabannya oleh lapisan lendir (mukus) yang menyelimuti seluruh permukaan. Lendir di permukaan tersebut menangkap partikel-partikel kecil yang masuk agar tidak sampai ke alveoli. Partikel yang tertangkap oleh lendir akan dikeluarkan oleh tubuh melalui mekanisme batuk (WHO, 2005:57). Selain pertahanan oleh lendir, sistem pernapasan juga dilindungi oleh sistem imun.

Kemampuan partikel untuk mencapai organ pernapasan tidak terlepas dari pengaruh ukuran partikel tersebut. Semakin kecil ukuran partikel akan semakin dalam partikel tersebut masuk ke sistem pernapasan, partikel yang memiliki ukuran lebih dari lima mikrometer akan sampai di saluran pernapasan bagian atas, kemudian partikel yang memiliki ukuran 3-5 mikrometer dapat tertahan di saluran pernapasan bagian tengah (Wardhana dalam Falahdina, 2017:13).

Partikel padat dengan ukuran yang lebih kecil yakni 1 hingga 3 mikrometer dapat menempel di selaput lender atau permukaan paru (Soedomo dalam Falahdina, 2017:13). Partikel yang berukuran kecil akan mampu mencapai alveoli, partikel yang dapat sampai ke alveoli akan terjadi proses pengendapan, hal tersebut disebabkan oleh mekanisme pengeluaran partikel yang berjalan lambat. Adanya pengendapan di organ pernapasan mengakibatkan organ pernapasan

tersebut tidak dapat berfungsi secara normal sehingga menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan (Falahdina, 2017:13). Tubuh akan melakukan mekanisme pertahanan tubuh nonspesifik apabila terdapat partikel yang masuk saluran pernapasan, pertahanan non spesifik tersebut adalah batuk, bersin, makrofag memfagositosis, dan transport mikrosilia terganggu. Gejala yang muncul apabila terdapat gangguan pada saluran pernapasan yaitu lendir tersekresi secara berlebihan, terjadi penyempitan saluran pernapasan, dan iritasi (Soedomo dalam Falahdina, 2017: 13).

Partikel debu di paru mengalami proses deposisi yang merupakan proses pengkristalan melalui tiga mekanisme yaitu (Djojodibroto dalam Falahdina, 2017: 13-14):

- a. Kelambanan, partikel yang berukuran besar 2-100 mikrometer mudah terperangkat selaput lendir karena tidak bisa mengikuti saluran pernapasan yang berkelok-kelok.
- b. Gravitasi, partikel dengan ukuran 0.5-2 mikrometer mengendap di cabang bronkiolus terminalis dan bronkiolus respiratorus. Terjadinya gravitasi disebabkan oleh kecepatan aliran udara yang lambat.
- c. Proses difusi, gerakan *brown* mengakibatkan partikel membentur alveoli dan mengendap untuk partikel berukuran  $\pm 1$  mikrometer. Pengendapan di alveoli mengakibatkan makrofag alveolar melakukan fagositosis terhadap partikel tersebut, setelah difagositosis akan diangkut oleh sistem transportasi mikrosiliar atau diangkut oleh jaringan limfatik.

#### 2.2.4 Efek *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>) terhadap Kesehatan

Ukuran partikel berhubungan langsung terhadap potensi partikel tersebut dalam menyebabkan masalah kesehatan. Partikel berukuran kecil <10  $\mu\text{m}$  menyebabkan masalah kesehatan yang serius karena mereka dapat berpenetrasi ke dalam paru, dan beberapa partikel akan sampai pada saluran peredaran darah. Paparan terhadap partikel-partikel halus tersebut menyebabkan masalah terhadap paru dan jantung. Beberapa penelitian ahli telah mengungkapkan adanya

hubungan antara paparan terhadap polusi partikel menyebabkan beberapa masalah kesehatan yaitu kematian mendadak pada orang yang jantung atau paru-parunya bermasalah, serangan jantung, detak jantung tidak beraturan, asam, penurunan fungsi paru, meningkatkan gejala gangguan pernapasan seperti iritasi di saluran pernapasan, batuk, atau kesulitan bernapas. Orang dengan penyakit jantung atau paru, anak-anak, dan orang tua lebih berisiko terhadap paparan polusi partikel (EPA, 2017).

Orang tua dan anak-anak yang memiliki penyakit asma, penyakit jantung, dan paru merupakan kelompok yang rentan terhadap paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>). Durasi paparan terhadap PM<sub>2.5</sub> memiliki efek terhadap kesehatan, paparan PM<sub>2.5</sub> yang melebihi baku mutu menyebabkan kematian mendadak (Abulude, 2016: 3). Paparan terhadap *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) mengurangi rata-rata angka harapan hidup sebesar 8,6 bulan. Paparan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) secara signifikan meningkatkan kemungkinan gangguan jantung dan paru serta kanker paru (Xing *et al*, 2016:2).

Mekanisme *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) dalam membahayakan sistem pernapasan manusia adalah sebagai berikut (Xing *et al*, 2016:3-4):

- a. Luka oleh peroksida radikal bebas, radikal bebas, logam, dan komponen organik dari PM<sub>2.5</sub> menginduksi produksi radikal bebas untuk teroksidasi di sel paru. Permukaan PM<sub>2.5</sub> mengandung ion, tembaga, zink, mangan, dan elemen transisi lain, termasuk *polycyclic aromatic hydrocarbon* dan *lipopolysaccharide*. Komponen ini meningkatkan produksi radikal bebas di paru. Partikel menghasilkan oksigen reaktif, terutama oleh partikel yang dapat larut dalam air memproduksi *hydroxyl radical* dengan mengaktifasi logam. *Hidroxy radical* merupakan faktor utama yang menyebabkan kerusakan DNA. Ketika DNA rusak tidak dapat menginduksi pembentukan teratogen dan sel kanker, terjadinya mutase gen dan bahaya irreversible lainnya. Partikel tidak hanya merusak DNA dan menekan perbaikan DNA, namun juga menginduksi replikasi dari DNA yang sudah rusak sehingga dapat memicu perkembangan sel kanker.

- b. Ketidakseimbangan kalsium intraseluler, kalsium merupakan pembawa pesan sekunder yang meregulasi fungsi fisiologis dan patologis dari sel. Konsentrasi kalsium yang tidak normal mengakibatkan reaksi inflamasi, dan kerusakan sel. *Particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) menginduksi produksi radikal bebas secara berlebihan dan menurunkan kemampuan antioksidan dari sel. Hal tersebut mengakibatkan kematian sel dan nekrosis.
- c. Reaksi inflamasi, PM<sub>2.5</sub> menstimulasi ekspresi berlebihan dari faktor gen transkripsi dan gen sitokin yang menyebabkan inflamasi. Interaksi antara sel inflamasi dan sitokin dapat merusak sel paru.

#### 2.2.5 Pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>)

Pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) dilakukan untuk mengetahui kadar *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di lingkungan udara apakah berada pada kadar yang sesuai baku mutu atau tidak sehingga dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Metode pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) secara umum dilakukan menggunakan metode gravimetric, yaitu melewati udara dengan volume tertentu melewati kertas saring atau saringan serat. Alat-alat yang digunakan untuk mengukur *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) adalah sebagai berikut:

##### a. *Dust Trak*

*Dust trak* salah satu alat untuk mengukur *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>), yakni monitor aerosol yang mampu menangkap debu yang memiliki ukuran 10 mikrometer, 2.5 mikrometer, dan 1 mikrometer. Pengoperasian *dust trak* menggunakan baterai, teknik pengukurannya menggunakan *laser photometer*, berfungsi untuk mengukur dan merekam konsentrasi debu yang berada di udara. Penggunaan alat ini lebih tepat digunakan untuk mengukur kualitas udara yang berada di dalam ruangan.

##### b. *Haz-Dust* (EPAM-5000)

Alat ini adalah *microprocessor portable* yang merupakan partikulat monitor, dapat digunakan untuk mengetahui kualitas udara ambien, selain itu juga dapat digunakan untuk mengetahui kualitas udara ambien. *Haz-dust*

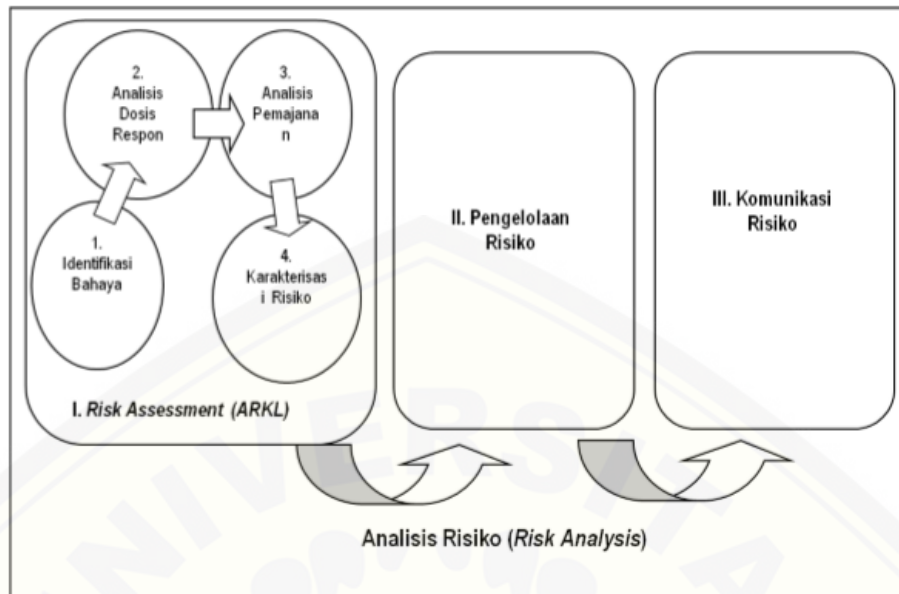
adalah sebuah instrument digital untuk mengukur konsnetrasi  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$ , dan kadar debu total di udara.

c. *High Volume Air Sample (HVAS)*

*High Volume Air Sample (HVAS)* adalah alat untuk mengukur jumlah partikel. Udara ambien di lingkungan akan dihisap oleh pompa dengan kecepatan 1,1-1,7  $m^2$ /menit. Pengambilan contoh di udara dapat menggunakan alat ini selama 24 jam, apabila konsentrasi debu sangat tinggi, pengurangan waktu pengukuran dapat dilakukan yakni dengan melakukan pengukuran selama 6-8 jam.

### **2.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

Analisis risiko adalah sebuah metode sistematis atau teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dalam berbagai bidang yaitu kesehatan lingkungan, higiene industri, analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL), toksikologi, epidemiologi, prediksi cuaca, dan perilaku sosial. Analisis risiko mengupayakan jalan terbaik agar didapat keuntungan sosial pada risiko lingkungan minimal (Soemirat, 2013: 7). Penilaian risiko merupakan proses mengestimasi dampak potensial dari bahaya kimia, fisik, mikrobiologi atau psikososial pada populasi spesifik atau sistem ekologi. Analisis risiko terdiri dari empat tahapan dasar yaitu identifikasi bahaya, analisis paparan, analisis dosis-respon, dan karakterisasi risiko. Berikut ini adalah bagan alir dari analisis risiko kesehatan lingkungan (Dirjen PP&PL, 2012:12).



Gambar 2. 1 Bagan Alir Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Sumber : Dirjen PP&PL Kementerian Kesehatan

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa analisis risiko kesehatan lingkungan adalah suatu sistem yang berfungsi dalam penilaian risiko kesehatan lingkungan dengan hasil keluaran berupa karakterisasi risiko yang menjelaskan risiko terhadap kesehatan masyarakat dari keberadaan suatu agen risiko di lingkungan. Berikut ini adalah tahapan dalam analisis risiko kesehatan lingkungan sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal PP & PL Kementerian Kesehatan Tahun 2012.

### 2.3.1 Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah tahap pertama dalam analisis risiko kesehatan lingkungan, teknik untuk menentukan ada/tidaknya bahaya, mengetahui macam bahayanya, potensi terjadinya paparan oleh bahaya yang ada, seberapa jauh paparan yang terjadi, dalam frekuensi dan durasi seberapa, dan bagaimana dampaknya (Soemirat, 2013: 40). Identifikasi bahaya mengukur kapasitas sebuah *agent* dapat berefek terhadap kesehatan. Penyebab gangguan kesehatan secara

spesifik dapat diketahui melalui tahap identifikasi bahaya ini (Direktorat Jenderal PP&PL, 2012: 19-20).

### 2.3.2 Analisis Dosis - Respon

Tahap selanjutnya setelah melakukan identifikasi bahaya yaitu melakukan analisis dosis - respon. Analisis dosis-repon yaitu mencari nilai dosis referensi atau RfD, dan/atau konsentrasi referensi atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko yang dipilih menjadi konsentrasi dalam analisis risiko kesehatan lingkungan. Analisis dosis-respon juga memahami efek yang memiliki kemungkinan muncul pada tubuh manusia akibat pajanan agen risiko tertentu. Langkah-langkah pada saat analisis dosis-respon adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui *pathways* (jalur pajanan) agen risiko dapat masuk ke tubuh manusia.
- b. Memahami efek atau gejala terhadap kesehatan yang ditimbulkan akibat peningkatan dosis atau juga konsentrasi dari agen risiko yang masuk ke tubuh.
- c. Mengetahui dosis referensi (*RfD*) atau konsentrasi referensi (*RfC*) atau *slope factor* (*SF*) dari agen risiko tersebut.

Berikut ini adalah uraian terkait dosis referensi (*RfD*), konsentrasi referensi (*RfC*), *slope factor* (*SF*):

- 1) Dosis referensi atau *RfD* dan konsentrasi referensi atau *RfC* merupakan nilai yang difungsikan sebagai referensi nilai aman pada efek non karsinogenik dari suatu agen risiko tertentu, kemudian *slope factor* (*SF*) merupakan referensi untuk nilai aman pada efek karsinogenik.
- 2) Nilai *RfD*, *RfC*, dan *SF* diperoleh dari hasil penelitian berbagai sumber yang telah dilakukan secara langsung baik pada obyek manusia ataupun ekstrapolasi dari hewan coba ke manusia.
- 3) Nilai *Rfd*, *RfC*, dan *SF* dari suatu agen risiko dapat dilihat pada *Integrated Risk Information Sistem (IRIS)*.

- 4) Jika nilai  $RfD$ ,  $RfC$ , dan  $SF$  tidak ada, nilai tersebut dapat diturunkan dari dosis percobaan yang lain seperti baku mutu udara ambien pada NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*), MRL (*Minimum Risk Level*), NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*), dengan catatan dosis percobaan tersebut telah mencantumkan faktor antropometri ( $W_b$ ,  $t_E$ ,  $f_E$ , dan  $D_t$ ).

Dosis referensi ( $RfD$ ) dinyatakan dalam satuan milligram (mg) zat per kilogram (kg) berat badan per hari (mg/kg/hari). Sedangkan konsentrasi referensi ( $RfC$ ) dinyatakan dalam satuan milligram (mg) zat per meter kubik ( $m^3$ ) udara, disingkat  $mg/m^3$ .

Penentuan konsentrasi referensi ( $RfC$ ) untuk  $PM_{2.5}$  diturunkan dari nilai baku NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*) yaitu sebagai berikut:

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

$$RfC = \frac{0,035 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 24 \frac{jam}{hari} \times 350 \frac{hari}{tahun} \times 30 tahun}{55 kg \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$RfC = \frac{7320,6}{20075}$$

$$RfC = 0,36 mg/kg/hari$$

Nilai konsentrasi referensi ( $RfC$ ) tidak menggunakan Nilai Ambang Batas Pergub Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 karena nilai faktor pemajanannya tidak diketahui.

### 2.3.3 Analisis Pajanan

Tahap selanjutnya setelah melakukan tahap 1 dan 2 dalam analisis risiko kesehatan lingkungan yaitu melakukan analisis pajanan. Analisis pajanan merupakan mengukur atau menghitung asupan (*intake*) dari suatu agen risiko. Perhitungan asupan (*intake*) menggunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Perhitungan asupan (*intake*) dapat menggunakan data primer yaitu data yang



diperoleh dari hasil pengukuran konsentrasi agen risiko di lingkungan, dapat pula menggunakan data sekunder yaitu hasil pengukuran agen risiko di lingkungan yang diperoleh dari hasil pengukuran pihak lain. Rumus dalam menghitung asupan (*intake*) suatu agen risiko yaitu:

a. Perhitungan asupan (*intake*) non karsinogenik ( $I_{nk}$ )

Asupan (*intake*) pada jalur pemajanan inhalasi (terhirup) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

b. Perhitungan Asupan (*Intake*) Karsinogenik ( $I_k$ )

Asupan (*intake*) pada jalur pemajanan inhalasi (terhirup) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

Tabel 2. 1 Arti Notasi Rumus

Notasi	Arti	Satuan	Nilai Default
$I_{nk}$	: Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke tubuh dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	Mg/kg x hari	Tidak ada
$I_k$	: Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke tubuh dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	mg/kg x hari	Tidak ada
$C$ ( <i>consentration</i> )	: Konsentrasi agen risiko di udara (udara ambien)	mg/m <sup>3</sup>	Tidak ada
$R$ ( <i>rate</i> )	: Laju inhalasi atau banyaknya volume udara yang masuk setiap jamnya	m <sup>3</sup> /jam	Dewasa: 0,83 m <sup>3</sup> /jam Anak – anak (6-12 tahun) : 0,5 m <sup>3</sup> /jam
$D_t$ ( <i>duration time</i> )	: Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan	tahun	Pemukiman/pajanan seumur hidup: 30 tahun

Notasi	Arti	Satuan	Nilai Default
$t_E$ ( <i>time of exposure</i> )	: Lama atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap hari	Jam/hari	Pajanan di pemukiman: 24 jam/hari Pajanan di lingkungan kerja: 8 jam/hari Pajanan di sekolah: 6 jam/hari
$f_E$ ( <i>frequency of exposure</i> )	: Lamanya atau jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya	Hari/tahun	Pajanan di pemukiman: 350 hari/tahun Pajanan di lingkungan kerja: 250 hari/tahun
$w_b$ ( <i>weight of body</i> )	: Berat badan manusia	Kg	Dewasa Asia/Indonesia: 55 kg Anak-anak: 15 kg
$t_{avg}$ ( <i>time average</i> )	: Periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogen	Hari	30 tahun x 365 hari/tahun = 10.950 hari

### 2.3.4 Karakterisasi Risiko

Langkah terakhir dalam analisis risiko kesehatan lingkungan yaitu karakterisasi risiko yang bertujuan untuk mengetahui apakah agen risiko tertentu menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat dan bertujuan pula untuk menetapkan tingkat risiko. Proses karakterisasi risiko dilakukan dengan membandingkan asupan (*intake*) dengan dosis/konsentrasi agen risiko. Untuk menghitung tingkat risiko menggunakan variable asupan (*intake*) (diperoleh dari analisis pajanan) dan dosis referensi (*RfD*)/konsentrasi referensi (*RfC*).

#### a. Karakterisasi Risiko pada Efek Non Karsinogenik

Perhitungan untuk tingkat risiko non karsinogenik dinyatakan dalam *Risk Quotient* (*RQ*). Perhitungan untuk tingkat risiko non karsinogenik dilakukan dengan membandingkan asupan (*intake*) dengan *RfC* atau *RfD*. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

Digunakan untuk menghitung  $RQ$  dengan jalur pemajanan inhalasi (terhirup)

$I$  (*intake*) : Intake yang telah dihitung menggunakan rumus

$RfC$  : nilai referensi agen risiko dengan pemajanan inhalasi

Interpretasi tingkat risiko non karsinogenik

Hasil perhitungan tingkat risiko yang diperoleh dari analisis risiko kesehatan lingkungan perlu disederhanakan agar mudah dipahami dan diterima oleh publik. Tingkat risiko dinyatakan dalam bentuk angka atau bilangan desimal tanpa satuan. Tingkat risiko aman bila asupan (*intake*)  $\leq RfC$ , atau dinyatakan dengan  $RQ \leq 1$ . Tingkat risiko tidak aman bila asupan (*intake*)  $> RfC$  atau  $RQ > 1$ .

b. Karakterisasi Risiko pada Efek Karsinogenik

Efek Karsinogenik pada tingkat risiko dinyatakan dalam *Excess Cancer Risk* ( $ECR$ ). Perhitungan untuk tingkat risiko karsinogenik yaitu dengan mengalikan asupan (*intake*) dengan  $SF$ . Berikut adalah rumus untuk menentukan  $ECR$ .

$$ECR = I \times SF$$

Keterangan:

$I$  (*intake*) : asupan (*intake*) yang telah dihitung

$SF$  : nilai referensi suatu agen risiko dengan efek karsinogenik

Interpretasi tingkat risiko karsinogenik

Tingkat risiko untuk risiko karsinogenik dinyatakan dalam bilangan eksponen tanpa satuan. Tingkat risiko *acceptable* atau aman bila  $ECR \leq 10^{-4}$  atau  $ECR \leq 1/10.000$ . Tingkat risiko *unacceptable* atau tidak aman bila  $ECR > 10^{-4}$  atau  $ECR > 1/10.000$ .

## 2.4 Pengelolaan Risiko

Setelah mengetahui tingkat risiko suatu agen berbahaya di lingkungan apakah risiko aman/dapat diterima atau tidak, dapat dilakukan proses pengelolaan

risiko. Apabila hasil dari karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman, pengelolaan risiko inilah yang berperan sebagai upaya tindak lanjut yang harus dilaksanakan, sehingga pengelolaan risiko bukanlah bagian dari langkah-langkah analisis risiko kesehatan lingkungan. Terdapat perbedaan antara strategi pengelolaan risiko dengan cara pengelolaan risiko yang harus diperhatikan dalam pengelolaan risiko ini. Strategi pengelolaan risiko merupakan kegiatan untuk menentukan batas aman berupa:

a. Konsentrasi aman agen risiko ( $C$ )

1) Konsentrasi aman non karsinogenik

$$C_{nk(aman)} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{R \times t_E \times f_E \times D_t}$$

2) Konsentrasi aman karsinogenik

$$C_{k(aman)} = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times W_b \times 70 \times 365}{R \times t_E \times f_E \times D_t}$$

b. Jumlah inhalasi aman ( $R$ )

1) Laju inhalasi aman non karsinogenik

$$R_{nk(aman)} = \frac{RfD \times W_b \times t_{avg}}{C \times f_E \times D_t}$$

2) Laju inhalasi aman karsinogenik

$$R_{k(aman)} = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times W_b \times 70 \times 365}{C \times f_E \times D_t}$$

c. Waktu pajanan aman ( $t_E$ )

1) Waktu pajanan aman non karsinogenik

$$t_{Enk(aman)} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times f_E \times D_t}$$

2) Waktu pajanan aman karsinogenik

$$t_{Ek(aman)} = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times W_b \times 70 \times 365}{C \times R \times f_E \times D_t}$$

d. Frekuensi pajanan aman ( $f_E$ )

## 1) Frekuensi pajanan aman non karsinogenik

$$f_{Enk(aman)} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times t_E \times D_t}$$

## 2) Frekuensi pajanan aman karsinogenik

$$f_{Ek(aman)} = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times W_b \times 70 \times 365}{C \times R \times t_E \times D_t}$$

e. Durasi Pajanan aman ( $D_t$ )

## 1) Durasi pajanan aman non karsinogenik

$$D_{tnk(aman)} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times t_E \times f_E}$$

## 2) Durasi pajanan aman karsinogenik

$$D_{tk(aman)} = \frac{\left(\frac{0,0001}{SF}\right) \times W_b \times 70 \times 365}{C \times R \times t_E \times f_E}$$

Pengelolaan risiko membutuhkan strategi yang tepat dan cara atau metode yang tepat pula. Cara pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan tiga pendekatan sebagai berikut:

## 1) Pendekatan teknologi

Pengelolaan risiko dengan menerapkan pendekatan teknologi meliputi penggunaan alat, teknik, metode, dan bahan tertentu.

## 2) Pendekatan sosial - ekonomis

Pengelolaan risiko dengan pendekatan sosial – ekonomis berupa melibatkan pihak lain, substitusi, efisiensi proses, dan penerapan sistem kompensasi.

## 3) Pendekatan institusional

Pendekatan institusional dilakukan dengan melakukan kerjasama dengan pihak lain yang saling mendukung dan berjalan sinergis.

## 2.5 Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko merupakan upaya penyampaian informasi risiko kepada masyarakat (populasi berisiko), pemerintah, dan pihak yang memiliki kepentingan. Komunikasi risiko adalah proses tindak lanjut dari adanya pelaksanaan analisis risiko kesehatan lingkungan yang menjadi tanggung jawab dari pemrakarsa atau pihak yang menyebabkan adanya risiko tersebut. Komunikasi risiko dilakukan dengan metode ceramah atau diskusi interaktif menggunakan media komunikasi dan bahasa yang mudah dipahami dan dimengerti oleh masyarakat.

## 2.6 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam yang paling berlimpah di kerak bumi dan tersebar luas. Aluminium merupakan elemen yang sangat reaktif dan tidak pernah ditemukan dalam keadaan logam aluminium murni di alam. Aluminium di alam bergabung dengan elemen lain, paling sering bergabung dengan oksigen, silikon, dan fluor. Komponen kimia ini sering ditemukan di tanah, batuan mineral, batu, dan tanah liat. Aluminium adalah logam yang berasal dari gabungan aluminium-mineral, khususnya bauksit. Aluminium adalah logam ringan dan memiliki penampakan kilau putih seperti perak (U.S Department, 2008a: 2).

Aluminium digunakan dalam berbagai kebutuhan termasuk untuk industri. Logam aluminium digunakan untuk membuat kaleng, panci, pesawat, atap, dan kertas perak. Aluminium dalam bentuk bubuk biasanya digunakan sebagai bahan peledak dan kembang api. Komponen aluminium digunakan dalam berbagai industri seperti aluminium sulfat. Secara alamiah aluminium dapat ditemukan di tanah, air, dan udara. Konsentrasi aluminium di alam yang tinggi disebabkan oleh adanya kegiatan penambangan dan pemrosesan bijih aluminium atau proses produksi logam aluminium (U.S Department, 2008b : 3).

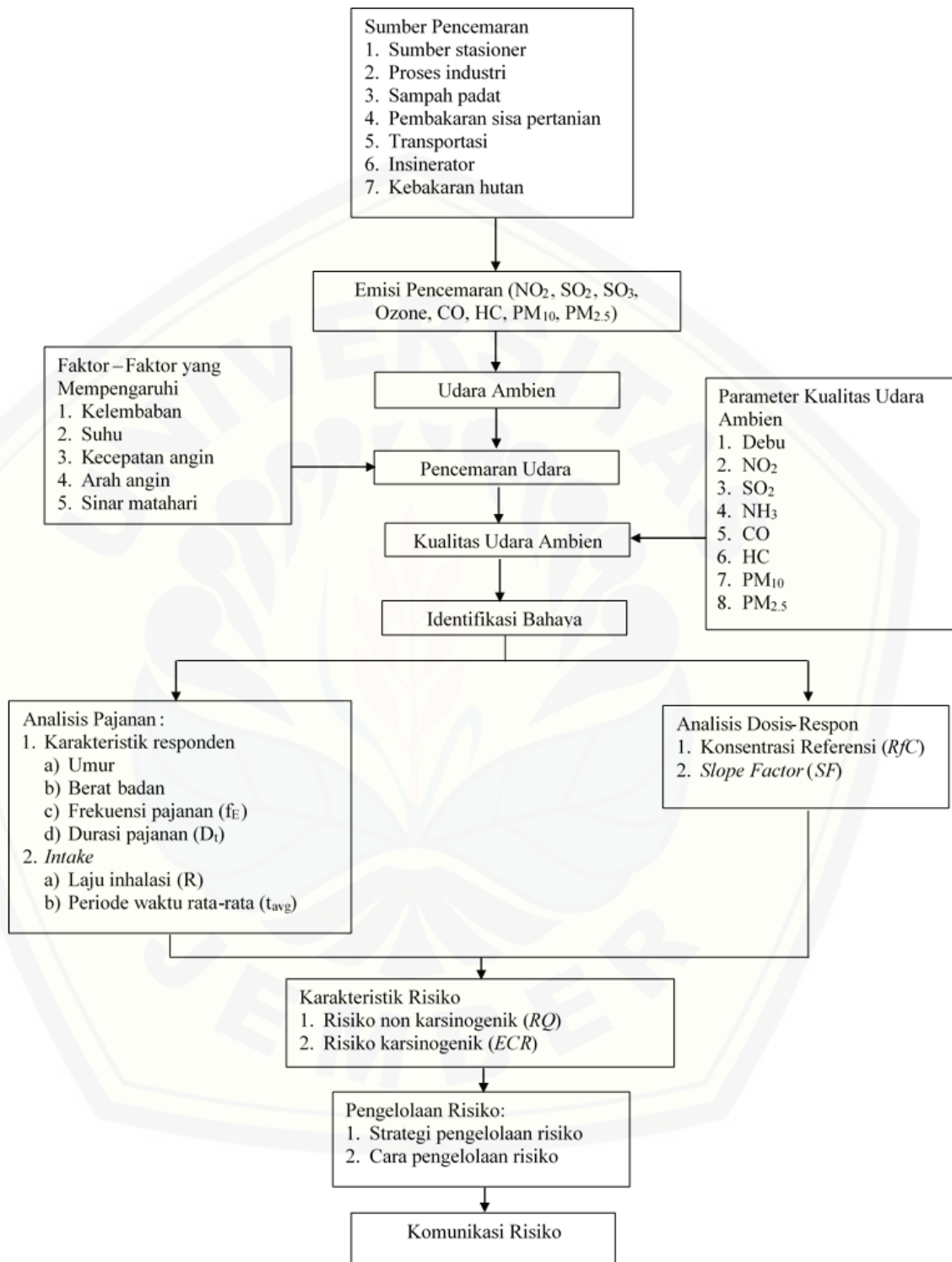
Aluminium tidak dapat didegradasi oleh alam di lingkungan. Aluminium ketika di lingkungan hanya berubah bentuk yaitu bergabung atau terpisah dari

partikel. Partikel aluminium di udara dapat mengendap di tanah atau hilang oleh karena air hujan. Meskipun dapat hilang oleh air hujan, sebagian kecil partikel aluminium masih ada yang bertahan di udara untuk beberapa hari. Sebagian besar komponen aluminium tidak dapat larut dalam air, kecuali dalam air dengan tingkat keasaman tinggi. Bahan makanan yang tidak diproses seperti buah segar, sayuran, dan daging mengandung sedikit aluminium. Komponen aluminium dapat ditambahkan selama proses pengolahan makanan seperti, tepung, *baking powder*, pewarna, dan antigumpal.

Sebagian besar masyarakat menghirup sedikit aluminium saat bernapas. Konsentrasi aluminium di udara secara umum berada dalam kisaran 0.005 sampai 0.18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tergantung dari lokasi, kondisi cuaca, dan jenis aktivitas industrinya. Sebagian besar aluminium di udara berada dalam wujud partikel tersuspensi (debu). Konsentrasi aluminium di air secara umum dibawah 0,1 mg/L. Secara umum masyarakat mengonsumsi sedikit aluminium yang berasal dari air minum. Proses pengolahan air minum terkadang terdapat proses penambahan garam aluminium. Aluminium masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa *portal entry* yaitu pernapasan melalui udara yang dihirup saat bernapas, ingesti yaitu melalui aluminium yang berada di makanan atau air minum, dan kontak langsung dengan kulit.

Aluminium berpotensi menimbulkan risiko bahaya bagi kesehatan. Risiko utama aluminium yaitu berpengaruh terhadap paru-paru karena sifatnya yang beracun. Paparan jangka pendek maupun jangka panjang melalui rute inhalasi dapat menyebabkan iritasi, keluar air mata, mual, muntah, diare, sakit perut, sakit dada, sesak napas, detak jantung tidak beraturan, sakit kepala, pusing, gangguan penglihatan, dilatasi pupil, kongesti paru, konvulsi, dan koma. Apabila kontak dengan kulit dapat menyebabkan iritasi.

## 2.7 Kerangka Teori

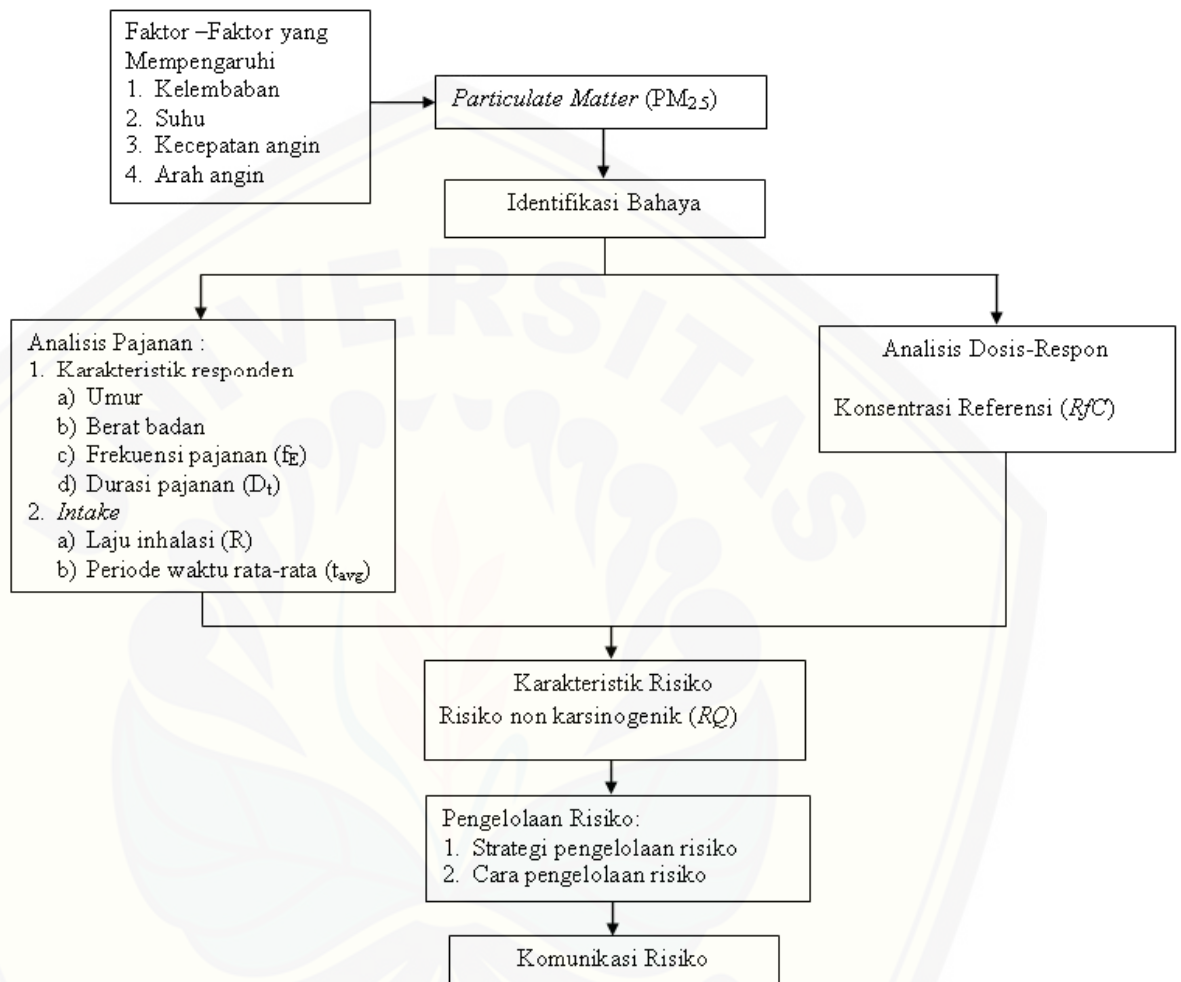


Gambar 2. 2 Kerangka Teori

Modifikasi Mukono (2008) dan Direktorat Jenderal PP&PL (2012)



## 2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep

### Keterangan:

————— : Diteliti

..... : Tidak diteliti

Berdasarkan Gambar 2.3 dapat diketahui bahwa *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yang melebihi baku mutu berbahaya bagi lingkungan. Konsentrasi yang tinggi dari parameter udara tersebut menunjukkan adanya pencemaran di udara yang membahayakan kesehatan masyarakat. Keberadaan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan yang meliputi kelembaban, suhu, kecepatan dan arah angin. *Particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara berbahaya bagi kesehatan, adanya risiko bahaya dapat dikaji menggunakan analisis risiko kesehatan lingkungan yang terdiri dari empat tahap yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis-respon yang mencari konsentrasi referensi untuk *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>), analisis pajanan meliputi karakteristik responden dan intake terhadap agen berbahaya di lingkungan yakni, PM<sub>2.5</sub> dan karakterisasi risiko untuk mengetahui risiko non karsinogenik. Setelah tingkat risiko untuk *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) diketahui, perlu dilakukan upaya pengelolaan risiko untuk mengurangi tingkat keparahan. Setelah itu dilakukan proses pengkomunikasian risiko kepada masyarakat, pemerintah, dan pihak yang berkepentingan agar dapat dilakukan tindak lanjut terhadap bahaya lingkungan yang mempengaruhi kesehatan masyarakat.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian deskriptif, yaitu suatu penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan fenomena yang terjadi di masyarakat (Notoatmodjo, 2010: 35-36). Jenis penelitian deskriptif dalam penelitian ini yaitu menggambarkan atau mengukur konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di kawasan industri peleburan aluminium. Penelitian ini menggunakan metode penelitian analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) yang terdiri dari empat langkah. Tujuan metode analisis risiko kesehatan lingkungan yaitu untuk mengestimasi besarnya risiko yang diterima oleh masyarakat akibat adanya pajanan agen risiko *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di sekitar kawasan industri peleburan aluminium.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sekitar kawasan industri peleburan aluminium yang terletak di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang. Pengambilan dan pengukuran sampel udara untuk mengukur konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) dilakukan oleh *engineer* dari laboratorium pengendalian pencemaran udara dan perubahan iklim Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

#### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan September 2018 diawali dengan penyusunan proposal, seminar proposal, kemudian pengumpulan data atau penelitian hingga penyusunan hasil dan pembahasan.

### 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

#### 3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi merupakan seluruh subjek penelitian meliputi manusia yang akan diteliti dan memenuhi karakteristik yang ditentukan (Riyanto, 2013: 29). Populasi dalam penelitian ini adalah masyarakat yang berisiko terpajan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yaitu masyarakat sekitar industri peleburan aluminium Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang. Jumlah populasi yang berisiko terpajan PM<sub>2.5</sub> dalam penelitian yakni sebanyak 398 KK.

#### 3.3.2 Sampel Penelitian

##### a. Sampel Masyarakat

Sampel masyarakat dalam penelitian ini adalah sebagian dari populasi yang diharapkan mampu mewakili keadaan di populasi (Riyanto, 2013: 30). Besar sampel dari total populasi 398 KK ditentukan berdasarkan rumus yang dikembangkan oleh *Slovin* sebagai berikut (Sugiyono, 2011: 87):

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

Keterangan:

n = sampel/jumlah responden

N = jumlah populasi

e = persentase kelonggaran ketelitian, kesalahan pengambilan sampel yang masih dapat ditolelir, yaitu 0,1

$$n = \frac{398}{1 + 398 (0,1^2)}$$

$$n = \frac{398}{4,98}$$

$$n = 79,91$$

$$n \approx 80$$

Berdasarkan perhitungan besar sampel menggunakan rumus yang dikembangkan oleh *Slovin*, diperoleh sampel sebesar 80 KK. Seluruh

anggota dalam KK akan menjadi responden apabila memenuhi kriteria penelitian.

b. Kriteria Sampel

Penelitian ini menggunakan kriteria inklusi untuk menghindari penyimpangan karakteristik sampel dari populasi. Kriteria inklusi merupakan kriteria atau ciri-ciri yang perlu untuk dipenuhi oleh setiap anggota populasi untuk dapat diambil sebagai sampel penelitian (Notoatmodjo, 2010: 130). Adapun kriteria inklusi dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Penduduk Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang, dibuktikan dengan kepemilikan Kartu Keluarga.
- 2) Responden tidak sedang sakit pada saat dilakukan penelitian, yaitu tidak mengeluhkan adanya gangguan penyakit saluran pernapasan.
- 3) Responden berdomisili di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang minimal 1 bulan terakhir sebelum dilakukan penelitian dan tinggal terus-menerus.

c. Sampel Lingkungan

Sampel lingkungan dalam penelitian ini adalah sampel udara ambien di sekitar kawasan industri peleburan aluminium Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang. Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) menggunakan alat *Aerosol 531S portable particle mass profiler and counter* dengan menggunakan metode *Light Scattering*, lokasi pengukuran udara ambien ditentukan berdasarkan SNI 19-7119.6-2005. Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara dilakukan selama 24 jam, hal ini berdasarkan pada SNI 19-7119.3-2005. Pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) udara tersebut dilakukan oleh *engineer* laboratorium pengendalian pencemaran udara dan perubahan iklim Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

### 3.3.3 Teknik Pengambilan Sampel

#### a. Teknik Pengambilan Sampel Masyarakat

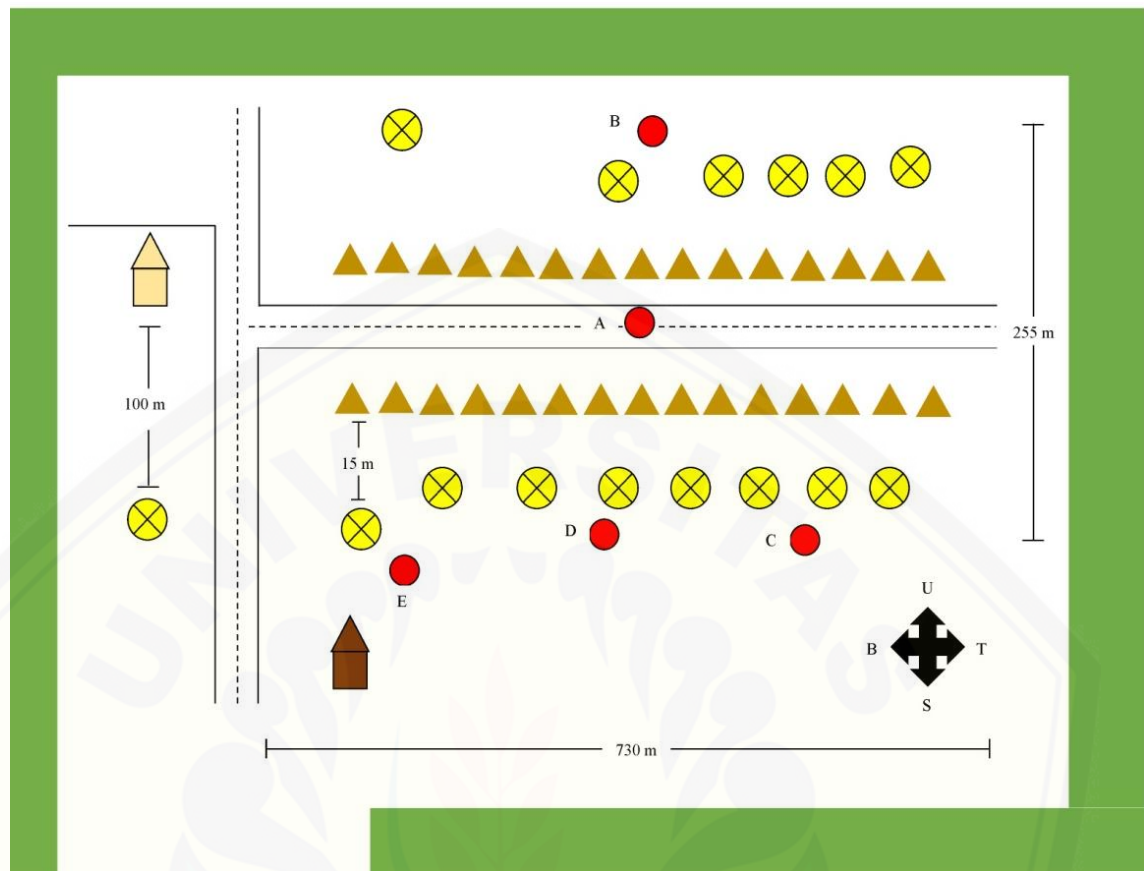
Jumlah sampel masyarakat yang akan diteliti berdasarkan perhitungan di atas yaitu sebesar 80 KK. Teknik pengambilan sampel masyarakat dilakukan menggunakan teknik pengambilan sampel acak sederhana (*simple random sampling*). Teknik pengambilan sampel secara acak sederhana memberi kesempatan setiap anggota (individu) dalam populasi untuk diambil sebagai sampel, pengambilan sampel dengan cara acak tidak memperhatikan strata yang ada dalam anggota populasi (Hidayat, 2010: 69).

#### b. Teknik Pengukuran Sampel Udara

Lokasi titik pengukuran sampel udara ambien ditentukan dengan menggunakan standar SNI 19-7119.6-2005 tentang penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien. Titik pengukuran sampel udara ambien berdasarkan pada kriteria sebagai berikut:







- 1) Area dengan konsentrasi bahan pencemar tinggi, lokasi pengukuran berada dekat dengan industri peleburan aluminium yaitu +/- 7 meter sebagai sumber emisi *particulate matter* ( $PM_{2.5}$ ).
- 2) Daerah dengan kepadatan penduduk tinggi, antara sumber pencemar dan pemukiman, berdasarkan kriteria tersebut lokasi pengukuran sampel udara dilakukan disekitar rumah penduduk.
- 3) Daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukkan untuk kawasan penelitian. Pada penelitian ini berdasarkan kriteria tersebut, pengukuran sampel udara ambien dilakukan di wilayah Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang yang terdampak emisi *particulate matter* ( $PM_{2.5}$ ) dari industri peleburan aluminium.

Berdasarkan kriteria tersebut diatas diperoleh penentuan lokasi pengukuran sampel udara ambien sebanyak lima titik seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 3. 1 Lokasi Pengukuran Sampel Udara Ambien

Keterangan:

-  : M.I At-Taqwa
-  : SDN Kendalsari 02
-  : Rumah Masyarakat
-  : Industri Peleburan Aluminium
-  : Lokasi pengambilan Sampel Udara
-  : Persawahan

Berdasarkan gambar 3.1 mengenai lokasi pengukuran sampel udara dapat diketahui lima titik pengukuran sampel udara yakni titik A, B, C, D dan titik E. Titik A berada diantara rumah penduduk sesuai dengan kriteria bahwa area pengukuran sampel udara berada di tempat yang padat penduduk. Lokasi kedua atau titik B berada sebelah utara jalan dusun, lokasi ketiga terdapat 6 industri

peleburan aluminium yang memiliki jarak kurang lebih 10-15 meter dengan rumah penduduk. Titik C, D, dan E terletak di sebelah selatan jalan dusun, antara rumah penduduk dan industri peleburan aluminium. Titik tersebut dipilih berdasarkan kriteria bahwa lokasi pengukuran sampel udara berada di area dengan konsentrasi bahan pencemar tinggi, di titik C, D, dan E terdapat 8 industri peleburan aluminium yang memiliki jarak dengan rumah penduduk yakni 15 meter.

Pengukuran sampel udara dilakukan di sebelah selatan dan utara berdasarkan pertimbangan bahwa industri dan rumah penduduk hanya berada di sebelah utara dan selatan dari jalan dusun. Sebelah barat dan timur tidak dilakukan pengukuran sampel udara karena tidak ada rumah penduduk dan industri peleburan aluminium yang terletak disana. Sebelah barat dan timur berbatasan langsung dengan area persawahan sehingga pengukuran sampel udara tidak dilaksanakan disana.

Pengukuran sampel udara pada penelitian ini dilaksanakan selama 24 jam, hal ini berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Waktu pengukuran sampel dilakukan tiga kali yang hasilnya akan dikonversikan ke dalam pengukuran 24 jam yaitu pada jam 09.00-10.00 WIB, 12.00-13.00 WIB, dan pada jam 15.00-16.00 WIB. Pemilihan waktu pengukuran sampel udara tersebut berdasarkan pertimbangan bahwa pada jam-jam tersebut dilakukan proses produksi atau peleburan aluminium sehingga diasumsikan bahwa emisi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) tinggi.

### 3.4 Variabel dan Definisi Operasional

Variabel memiliki definisi sebagai sesuatu yang digunakan sebagai ciri, sifat, atau ukuran yang dimiliki atau didapatkan oleh satuan penelitian tentang suatu konsep pengertian tertentu, suatu ukuran atau ciri yang ada pada anggota-anggota suatu kelompok yang membedakan dengan kelompok lain (Notoatmodjo, 2010:103). Variabel yang diteliti pada penelitian ini yaitu kelembaban, suhu,



kecepatan angin, arah angin, konsentrasi *particulate matter* ( $PM_{2.5}$ ), karakteristik responden (umur, berat badan, frekuensi pajanan ( $f_E$ ), durasi pajanan ( $Dt$ )), *intake*, laju inhalasi ( $R$ ), periode waktu rata-rata ( $t_{avg}$ ), konsentrasi referensi ( $RfC$ ), dan risiko non karsinogenik ( $RQ$ ). Definisi operasional menurut Notoatmodjo (2010:112) adalah uraian tentang batasan-batasan variabel yang dimaksud atau mengenai apa yang diukur dari variabel yang bersangkutan. Berikut ini adalah definisi operasional dari penelitian ini.

Tabel 3. 1 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengumpulan Data	Satuan/Kategori
1.	Kelembaban	Kandungan uap air di udara ambien pada saat pengukuran	Pengukuran di lapangan dengan alat ukur hygrometer	%
2.	Suhu	Nilai suhu udara di lapangan pada saat pengukuran	Pengukuran di lapangan dengan alat ukur termometer	$^{\circ}C$
3.	Kecepatan angin	Nilai kecepatan angin pada saat pengukuran	Pengukuran langsung di lapangan menggunakan anemometer	m/s
4.	Arah angin	Arah angin paling dominan di daerah pengukuran	Pengukuran di lapangan dengan alat ukur anemometer	Arah angin dominan Utara, Selatan, Barat, Timur
5.	Konsentrasi <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ ) (C)	Banyaknya partikel $PM_{2.5}$ di udara yang berada di kawasan industri peleburan aluminium	Pengukuran langsung di 5 titik lokasi menggunakan alat <i>aerosol</i> dengan metode <i>light scattering</i>	$mg/m^3$
6.	<b>Karakteristik Responden</b>			
	a. Umur	Lama hidup responden saat dilakukan wawancara yang dihitung sejak lahir sampai ulang tahun terakhir	Wawancara	tahun
	b. Berat badan ( $W_b$ )	Berat badan responden pada saat dilakukan penelitian	Observasi dan penimbangan langsung menggunakan timbangan <i>bathroom scale</i>	Kg
	c. Frekuensi pajanan ( $f_E$ )	Intensitas pajanan responden terpajan oleh <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ )	Wawancara	Hari/tahun

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengumpulan Data	Satuan/Kategori
d.	Durasi pajanan ( $D_i$ )	Lamanya waktu responden terpapar oleh <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ ) di lokasi penelitian berdasarkan pajanan sebenarnya ( <i>realtime</i> ) dan pajanan seumur hidup ( <i>lifetime</i> )	Wawancara	Tahun
7.	<i>Intake</i>	Jumlah konsentrasi <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ ) yang diterima oleh responden per berat badan per hari	Menggunakan rumus $I_{nk} = \frac{C \times R \times t \times E \times f \times E \times Dt}{Wb \times t_{avg}}$	mg/kg/hari
8.	Laju inhalasi	Banyaknya volume udara yang masuk atau dihirup oleh responden setiap jamnya	Dewasa : 0,83 m <sup>3</sup> /jam Anak-anak (6-12 tahun) : 0,5 m <sup>3</sup> /jam (Pedoman ARKL Dirjen PP&PL Kementerian Kesehatan)	m <sup>3</sup> /jam
9.	Periode Waktu Rata-Rata ( $t_{avg}$ )	Periode waktu rata-rata untuk risiko non karsinogenik dan risiko karsinogenik	Risiko non karsinogenik : 30 tahun x 365 hari/tahun = 10.950 hari (Pedoman ARKL Dirjen PP&PL Kementerian Kesehatan)	Hari
10.	Konsentrasi referensi ( $RfC$ )	Nilai referensi untuk nilai aman pada risiko non karsinogenik pajanan <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ )	Diturunkan dari nilai baku mutu <i>National Ambient Air Quality Standards</i>	mg/kg/hari
11.	Risiko non karsinogenik ( $RQ$ )	Besarnya risiko non karsinogenik akibat paparan <i>particulate matter</i> ( $PM_{2.5}$ ) pada individu dan populasi	Perhitungan dengan rumus $RQ = \frac{I}{RfC}$	Tingkat risiko aman jika $RQ \leq 1$ ; Tingkat risiko tidak aman jika $RQ > 1$
12.	Pengelolaan risiko	Tindak lanjut hasil karakterisasi risiko yang menunjukkan tingkat risiko tidak aman	Pengelolaan melalui strategi: 1) batas aman konsentrasi $PM_{2.5}$ ; 2) durasi pajanan aman dan cara pengelolaan non teknis dan teknis	1) mg/Nm <sup>3</sup> 2) tahun

No	Variabel	Definisi Operasional	Cara Pengumpulan Data	Satuan/Kategori
13.	Komunikasi risiko	Penyampaian informasi risiko pada populasi berisiko (masyarakat), pemerintah desa dan kabupaten, dan pihak berkepentingan lainnya	Menggunakan media komunikasi seperti poster, media presentasi.	

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Alat Pengukuran Sampel Udara Ambien dan Berat Badan Responden

Pengukuran sampel udara ambien pada penelitian ini menggunakan alat *aerosol 531S portable particle mass profiler and counter*, dan *thermohygroanemometer*, sedangkan untuk mengukur berat badan responden menggunakan alat timbang *bathroomscale*. Proses pengukuran udara ambien dan faktor-faktor fisik yang berpengaruh dilakukan oleh laboran sebanyak 1 orang dan jumlah alat ukur masing-masing berjumlah satu buah. Berikut ini adalah gambar dari alat yang akan digunakan saat melakukan pengukuran sampel udara ambien:



Gambar 3. 2 *Aerosol 531S portable particle mass profiler and counter*

Sumber: Koleksi pribadi



Gambar 3. 3 *Thermohygroanemometer*

Sumber : Google.com



Gambar 3. 4 Timbangan *Bathroomscale*

Sumber: Koleksi pribadi

### 3.5.2 Proses Pengukuran Sampel Udara dan Berat Badan Responden

Tahapan pengukuran sampel udara ambien dan berat badan responden dalam penelitian ini adalah tahapan yang dilakukan pada saat di lapangan. Pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) berdasarkan penyesuaian terhadap SNI 19-7119.3-2005 tentang cara uji partikel tersuspensi total. Tahapan pengukuran sampel udara ambien dan berat badan responden adalah sebagai berikut:

- a. Prosedur Pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>)
  - 1) Ukur arah angin, untuk menentukan arah peletakan alat ukur.
  - 2) Tempatkan alat uji pada posisi dan lokasi yang telah ditentukan sesuai dengan metode penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien.
  - 3) Mulai pengukuran dengan nyalakan alat uji, catat waktu dan tanggal.
  - 4) Lakukan pengukuran contoh uji.
  - 5) Catat pembacaan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>).
- b. Prosedur Pengukuran Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin, dan Arah Angin
  - 1) Siapkan alat ukur *thermohygroanemometer*.
  - 2) Tempatkan alat ukur pada posisi dan lokasi yang telah ditentukan dengan tinggi minimal 1 meter di atas tanah.
  - 3) Mulai pengukuran dengan nyalakan alat ukur *thermohygroanemometer*.
  - 4) Catat pembacaan suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin.
- c. Prosedur Pengukuran Berat Badan Responden
  - 1) Siapkan alat timbang berat badan *bathroomscale*.
  - 2) Letakkan alat timbang pada permukaan yang datar dan atur jarum penunjuk di angka 0.
  - 3) Ukur berat badan responden dengan posisi responden berdiri tegak dan pandangan menghadap lurus kedepan.
  - 4) Catat hasil pengukuran berat badan responden.

### 3.6 Data dan Sumber Data

Data merupakan kumpulan angka yang berupa nilai dari unit sampel hasil pengamatan atau pengukuran (Riyanto, 2013: 11). Data dapat menggambarkan tingkat risiko kesehatan lingkungan akibat pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>). Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder

#### 3.6.1 Data primer

Data primer adalah data yang dihasilkan atau yang dikumpulkan oleh peneliti sendiri dari responden atau sasaran (Riyanto, 2013: 12). Data primer yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu kelembaban, suhu, kecepatan angin, arah angin, konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara, dan karakteristik responden berupa umur, berat badan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan.

#### 3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari orang lain atau tempat lain, dan bukan dikumpulkan oleh peneliti sendiri, seringkali data tersebut telah dikompilasi terlebih dahulu instansi (Riyanto, 2013: 14). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui studi pustaka serta dari Kantor Kepala Desa Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang yang terkait dengan data jumlah industri peleburan aluminium, jarak industri dengan pemukiman dan fasilitas desa lainnya, dan jumlah penduduk Dusun Kedungsari, Desa Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang.

### 3.7 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

#### 3.7.1 Teknik Pengumpulan Data

##### a. Wawancara

Wawancara merupakan suatu metode yang digunakan dalam mengumpulkan data, peneliti memperoleh informasi atau keterangan secara lisan langsung dari seseorang yang menjadi sasaran penelitian

(responden). Jadi data didapatkan oleh peneliti secara langsung melalui sebuah pertemuan atau percakapan (Notoatmodjo, 2010: 139). Peneliti dalam penelitian ini melakukan wawancara secara langsung kepada responden dalam hal ini yaitu penduduk sekitar industri peleburan aluminium di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

b. Pengukuran

Pengukuran merupakan suatu teknik pengumpulan data untuk mendapatkan informasi data secara kuantitatif yang menghasilkan informasi-informasi atau data yang dinyatakan dalam bentuk angka atau uraian yang berguna dalam proses pengambilan data (Riyanto, 2013: 54). Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan saat mengukur kelembaban menggunakan hygrometer, suhu menggunakan thermometer, kecepatan angin dan arah angin menggunakan anemometer, berat badan responden menggunakan *bathroom scale*, dan konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) pada sampel udara ambien menggunakan alat *aerosol 531S portable particle mass profiler and counter*.

c. Observasi

Observasi atau pengamatan merupakan suatu prosedur terencana meliputi melihat, mencatat aktivitas tertentu yang berhubungan dengan masalah yang diteliti (Riyanto, 2013: 54). Observasi digunakan untuk memperoleh data yang mendukung penelitian dengan melakukan pengamatan lingkungan sekitar industri peleburan aluminium.

d. Dokumentasi

Dokumentasi adalah sebuah catatan peristiwa atau kejadian yang telah berlalu biasanya berbentuk gambar, tulisan dan data (Sugiyono, 2014:145). Pengumpulan data menggunakan teknik dokumentasi pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui gambaran lingkungan industri aluminium, jumlah industri, jumlah KK dan penduduk yang berada di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

### 3.7.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data merupakan sebuah alat yang digunakan dalam pengumpulan data dari responden dengan cara apapun (Notoatmodjo, 2010: 152). Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner. Kuesioner adalah bentuk penjabaran variabel-variabel yang disusun dalam bentuk pertanyaan yang akan ditanyakan kepada responden terkait dengan masalah yang akan diteliti (Nazir, 2009:203). Kuesioner akan ditanyakan secara langsung oleh peneliti kepada responden melalui wawancara.

## 3.8 Teknik Pengolahan, Analisis, dan Penyajian Data

### 3.8.1 Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada penelitian ini memanfaatkan bantuan komputer melalui tahapan sebagai berikut (Notoatmodjo, 2010: 176):

a. Editing

Proses penyuntingan atau editing dilakukan terlebih dahulu setelah diperoleh hasil wawancara atau pengamatan dari lapangan. Editing merupakan proses pengecekan dan perbaikan terhadap isian lembar kuesioner dan pengamatan.

b. Coding

Tahap selanjutnya setelah editing yaitu coding atau pengkodean. Coding atau pengkodean yakni kegiatan mengubah data berbentuk kalimat menjadi data angka.

c. Memasukkan Data (*Data Entry*) atau *Processing*

Hasil dari kuesioner berupa jawaban-jawaban dari responden yang sudah dalam bentuk kode dimasukkan ke program komputer. Penelitian ini memanfaatkan software statistic yang ada dalam komputer kemudian dihitung menggunakan persamaan rumus untuk menghitung nilai asupan dan tingkat risiko kesehatan akibat pajanan *particulate matter* ( $PM_{2.5}$ ) pada masing-masing responden.



d. Pembersihan Data (*Cleaning*)

Proses pembersihan yaitu pengecekan kembali semua data dari setiap responden yang telah selesai dimasukkan untuk melihat kemungkinan-kemungkinan adanya kesalahan kode, ketidaklengkapan untuk kemudian dapat dilakukan pembetulan atau koreksi. Pembersihan data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Mengetahui data yang hilang
- 2) Mengetahui variasi data
- 3) Mengetahui konsistensi data

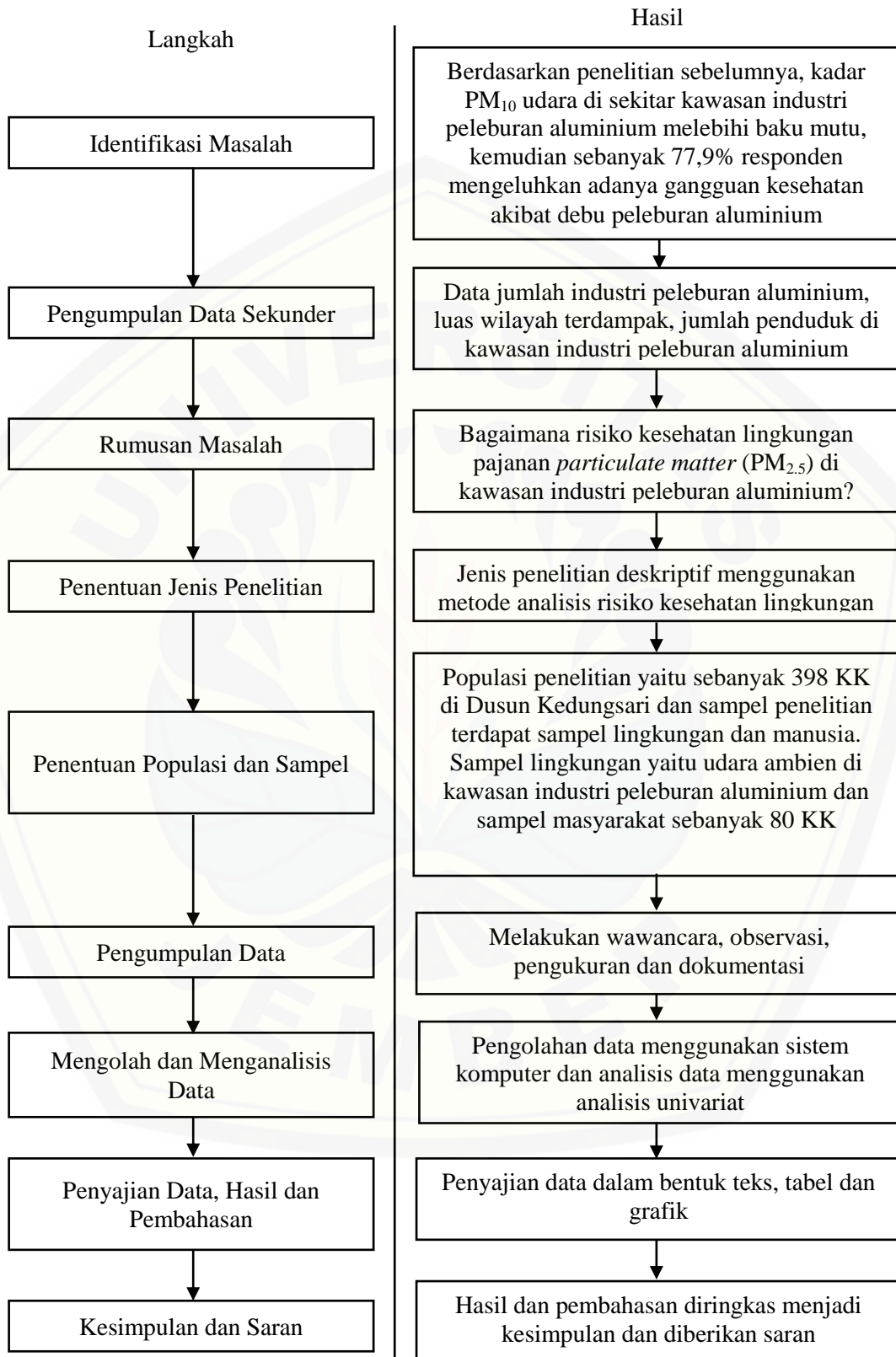
### 3.8.2 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yang memiliki tujuan untuk mendeskripsikan atau menjelaskan karakteristik setiap variabel penelitian dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase setiap variabel (Notoatmodjo, 2010: 182). Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif untuk menggambarkan risiko kesehatan dari masing-masing responden yang terpajan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>).

### 3.8.3 Teknik Penyajian Data

Teknik penyajian data dalam penelitian menggunakan berbagai bentuk yang secara umum dikelompokkan menjadi tiga yaitu penyajian dalam bentuk teks, bentuk tabel, dan penyajian dalam bentuk grafik (Notoatmodjo, 2010: 188). Penelitian ini menggunakan penyajian data dalam bentuk teks, tabel, dan grafik.

### 3.9 Alur Penelitian



Gambar 3. 5 Alur Penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- a. Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang memiliki luas wilayah seluas 270.000 km<sup>2</sup>. Jarak Desa Kendalsari dengan pusat pemerintahan kecamatan sejauh 5 km dan jarak dengan pusat pemerintahan kabupaten sejauh 17 km. Batas-batas Desa Kendalsari sebelah utara berbatasan dengan Desa Pojokrejo, sebelah selatan dengan Desa Talun Kidul, sebelah barat dengan Desa Carangrejo, dan sebelah timur berbatasan dengan Desa Budugsidorejo. Dusun Kedungsari adalah salah satu dari empat dusun yang berada di Desa Kendalsari. Dusun Kedungsari memiliki 15 industri peleburan aluminium yang beroperasi setiap hari mulai pukul 07.00 hingga 17.00 WIB.
- b. Hasil pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) yang dilakukan di lima titik lokasi memperoleh hasil pengukuran yang bervariasi. Konsentrasi maksimum berada di lokasi B sebesar 0,071 mg/Nm<sup>3</sup> dan konsentrasi minimum berada di lokasi A sebesar 0,030 mg/Nm<sup>3</sup>. Hasil pengukuran konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) tersebut masih dibawah baku mutu udara ambien sebesar 0,26 mg/Nm<sup>3</sup>.
- c. Bahaya kesehatan lingkungan di kawasan industri peleburan aluminium Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang berupa kandungan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) dalam debu hasil proses peleburan aluminium.
- d. Nilai dosis respon untuk *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) diturunkan dari nilai baku mutu udara *National Ambient Quality Standar* (NAAQS) EPA, yaitu sebesar 0,012 mg/kg/hari.
- e. Pajanan untuk efek non karsinogenik pada tingkat populasi berkisar antara 0,01146 mg/kg/hari sampai 0,02712 mg/kg/hari. Kemudian pajanan non karsinogenik pada tingkat individu berkisar antara 0,00855 mg/kg/hari sampai 0,02024 mg/kg/hari. Nilai pajanan maksimum telah

melebihi dosis respon yang menjadi dosis aman sebesar 0,012 mg/kg/hari, sehingga memungkinkan munculnya gangguan kesehatan.

- f. Hasil perhitungan karakteristik risiko menunjukkan bahwa baik pada tingkat populasi maupun individu pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) melalui inhalasi sudah tidak aman pada saat konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) berada pada konsentrasi maksimum sebesar 0,071 mg/Nm<sup>3</sup> dan konsentrasi rata-rata sebesar 0,0468 mg/Nm<sup>3</sup>, sementara batas konsentrasi aman yang dapat diterima sebesar 0,03141 mg/Nm<sup>3</sup>.
- g. Pengelolaan risiko dilakukan untuk menindaklanjuti risiko yang sudah tidak aman untuk kesehatan melalui strategi pengelolaan risiko. Strategi pengelolaan risiko dilakukan dengan menentukan batas aman untuk konsentrasi *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) dan batas aman durasi pajanan. Konsentrasi aman untuk *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) sebesar 0,03141 mg/Nm<sup>3</sup>, kemudian durasi pajanan aman selama 18,45 tahun.
- h. Komunikasi risiko dapat dilakukan kepada pekerja, populasi berisiko dalam hal ini masyarakat Dusun Kedungsari, pemerintah desa, dan pemerintah kabupaten. Komunikasi risiko dilakukan untuk menyampaikan tingkat risiko akibat industri peleburan aluminium dan alternatif penanggulangan yang telah dipilih oleh penanggung jawab dalam hal ini adalah pemilik industri peleburan aluminium.

## 5.2 Saran

- a. Bagi Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang  
Perlu adanya pengkajian ulang terkait keberadaan industri peleburan aluminium terkait dengan perijinan atau dokumen lingkungan, melakukan kerjasama dengan instansi yang memiliki kompetensi untuk mengolah limbah B3, dan melaksanakan pemeriksaan lingkungan secara rutin untuk mengukur dan memantau kandungan debu *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara ambien.

b. Bagi masyarakat

Melakukan tindakan pencegahan terhadap gangguan kesehatan dengan memakai alat pelindung diri seperti masker untuk mengurangi risiko pajanan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>), dan melakukan penanaman pohon yang dapat berfungsi sebagai penyerap polutan di udara.

c. Bagi peneliti selanjutnya

Melakukan penelitian lebih lanjut bertujuan agar perhitungan risiko kesehatan lebih akurat dengan melakukan pengukuran *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara ambien yang dilakukan selama 24 jam dan lebih dari satu hari.

d. Bagi industri

Perlu adanya tindakan untuk meminimalisir kandungan *particulate matter* (PM<sub>2.5</sub>) di udara ambien dengan cara sebagai berikut:

- 1) Memperbaiki bangunan tempat peleburan yang saat ini menggunakan anyaman bambu dibangun secara permanen untuk mengisolasi debu hasil peleburan.
- 2) Mengganti alat pengangkut dan penyimpanan bahan baku dan abu sisa peleburan menggunakan gerobak yang tertutup dan menggunakan tong-tong sebagai alat penyimpanan bahan baku dan abu sisa peleburan aluminium.
- 3) Melengkapi bangunan peleburan aluminium dengan alat pengendali polusi udara contohnya dengan menggunakan *water spray stick*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abulude, F. 2016. Particulate Matter: An Approach To Air Pollution. *Sciprints*. 10.20944/preprints 201607.0057.v1.
- Adar, S.D., Sheppard, L., Vedal, S., Polak, J.F., Sampson, P.D., Roux, A.V.D., Budoff, M., Jacobs, D.R., Barr, R.G., Watson, K., dan Kaufman, J.D. 2013. Fine Particulate Air Pollution and the Progression of Carotid Intim-Medial Thickness: A Prospective Cohort Study from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis and Air Pollution. *Journal of Plos Med*, 10(4): 1-10.
- Alexikova, S.D., Plevkova, J., Mazurova, L., Zatkan, T., Alexik, M., Hanacek, J., dan Tatar, M. 2016. Impact of Air Pollution on Age and Gender Related Increase in Cough Reflex Sensitivity of Healthy Children in Slovakia. *Front. Physiol*, 7(54): 1-11.
- Assabraini., Sugianto., dan Syech, R. Tanpa Tahun. *Konsentrasi Particulate Matter dan Faktor yang Mempengaruhi Keadaan Udara di Kota Madya Pekanbaru Menggunakan Ambient Dust Analyzer*. Pekanbaru: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.
- Azam, A.G., Zanjani, B.R., dan Mood, M.B. 2016. Effects of Air Pollution on Human Health and Practical Measures for Prevention in Iran. *Journal of Research in Medical Sciences*, 21(2): 1-12.
- Cahyono, T. 2017. *Penyehatan Udara*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- California Environmental Protection Agency. Tanpa Tahun. *A Guide to Health Risk Assessment*. California: Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- Clougherty, J.E. 2010. A Growing Role for Gender Analysis in Air Pollution Epidemiology. *Environmental Health Perspectives*, 118(2): 167-176.
- Direktorat Jenderal PP & PL. 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Kementerian Kesehatan.
- Falahdina, A. 2017. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan PM<sub>2.5</sub> pada Pedagang Tetap di terminal Kampung Rambutan. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Gouveia, N., dan Fletcher, T. Time Series Analysis of Air Pollution and Mortality: Effects by Cause, Age and Socioeconomic Status. *Journal Epidemiol Community Health*, 54(1): 750-755.

- Guerra, S., Lane, D.D., Marotz, G.A., Carter, R.E., Hohl, C.M., dan Baldauf, R.W. 2015. Effects of Wind Direction on Coarse and Fine Particulate Matter Concentrations in Southeast Kansas. *Journal of the Air and Waste Management*, 56(1): 1525-1531.
- Habre, R., Moshier, R., Castro, W., Nath, A., Grunin, A., Rohr, A., Godbold, J., Schachter, N., Kattan, M., Coull, B., dan Koutrakis, P. 2014. The Effects Of PM<sub>2.5</sub> and Its Component From Indoor and Outdoor Sources on Cough and Wheeze Symptoms in Asthmatic Children. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 24(4): 380-387.
- Hernandez, G., Berry, T.A., Wallis, S.L., dan Poyner, D. 2017. Temperature and Humidity Effect on Particulate Matter Concentrations in Sub-Tropical Climate During Winter. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environment Engineering*, 102(1): 41- 49.
- Hidayat, A.A. 2010. *Metode Penelitian Kesehatan*. Surabaya: Health Books Publishing.
- Hidayati, R., Anggiani, S.T., dan Maufikoh, I. 2017. Analisis Kejadian Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) berdasarkan Kondisi Iklim dan Konsentrasi PM<sub>10</sub> di Wilayah Jakarta Barat. *Jurnal Agromet*, 31(2): 62-70.
- Hrdlickova, Z., Michalek, J., Kolar, M., dan Vesely, V. 2008. Identification of Factors Affecting Air Pollution by Dust Aerosol PM<sub>10</sub> in Brno City, Czech Republic. *Atmospheric Environment*, 42(1): 8661-8673.
- Janssen, N.A.H., Fischer, P., Marra, M., Ameling, C., dan Cassee, F.R. 2013. Short-term Effect of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.1-10</sub> on Daily Mortality in the Netherlands. *Journal of Science of the Total Environment*. 20(26): 463-464.
- Joseph, G. T., dan Beachler, D. S. 1998. *Scrubber Systems Operation Review: Self Instructional Manual APTI Course SI:412C*. North Carolina State University.
- Kim, T.Y., Kim, H., Yi, S.M., Cheong, J.P., dan Heo, J. 2018. Short-term Effect of Ambient PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> on Mortality in Major Cities of Korea. *Aerosol and Air Quality Research*, 18(1): 1853-1862.
- Krisanti, A., dan Lestari, P. 2011. Pengukuran Konsentrasi PM<sub>10</sub> dan Black Carbon yang Dihasilkan oleh Asap Kebakaran Lahan Gambut dan Hutan di Desa Pekanheran, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 17(1): 107-110.
- Li, H., Guo, B., Han, M., Tian, M., dan Zhang, J. 2015. Particulate Matters Pollution Characteristic and the Correlation between PM (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) and

- Meteorological Factors during the Summer in Shijiazhuang. *Journal of Environmental Protection*, 6(1): 457-463.
- Lianou, M., Chalbot, M.C., Kotronarou, A., Kavouras, I.G., Hoek, G., Hameri, K., dan Harrison, R.M. 2013. The Impact of Wind on Particle Mass Concentrations in Four European Urban Areas. *Global NEST Journal*, 15(2): 188-194.
- Lin, Y., Zou, J., Yang, W., dan Li, C.Q. 2018. A Review of Recent Advances in Research on PM<sub>2.5</sub> in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15(3): 1-29.
- Mukono, H.J. 2008. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nazir, M. 2009. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Nirmala, D.W., dan C. I. Prasasti. Konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dan Analisis Karakteristik Pekerja terhadap Keluhan Kesehatan Pekerja Pengasapan Ikan di Kelurahan Tambak Wedi Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(1): 61-70.
- Notoatmodjo, S. 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Owoade, O.K., Olise, F.S., Ogundele, L.T., Fawole, O.G., dan Olaniyi, H.B. 2012. Correlation Between Particulate Matter Concentrations and Meteorological Parameters at A Site in Ile-Ife, Nigeria. *Journal of Science*, 14(1): 83-93.
- Paramitha, C. 2013. Dampak Keberadaan Industri Peleburan Besi dan Baja terhadap Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat di Dusun Palahlar Kecamatan Cikupa Kabupaten Tangerang. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Ekonomi dan Manajemen.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010. *Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah*. 26 Maret 2010. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2016. *Pedoman Teknis Pembangunan Kawasan Industri*. 28 Juni 2016. Menteri Perindustrian. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*. 26 Mei 1999. Menteri Negara Sekretaris Negara. Jakarta
- Perrino, C. 2010. Atmospheric Particulate Matter. *Proceeding of a C.I.S.B. Minisymposium*. Maret 2010. *Researchgate*: 35-43.



- Pohan, N. 2004. *Masalah Pencemaran Udara dan Partikel-Partikel*. Universitas Sumatera Utara.
- Putra, D.P., Rahmatullah, P., dan Novitasari, A. 2012. Hubungan Usia, Lama Kerja, dan Kebiasaan Merokok dengan Fungsi Paru pada Juru Parker di Jalan Pandanaran Semarang. *Jurnal Kedokteran Muhammadiyah*, 1(3): 7-12.
- Ritchie, H., dan Roser, M. 2018. Air Pollution. <https://ourworldindata.org/air-pollution>. [Diakses pada 30 September 2018].
- Riyanto, A. 2013. *Statistik Deskriptif*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Rosalia, O., Wispriyono, B., Kusnopranto, H. 2018. Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogen pada Remaja Siswa Akibat Paparan Inhalasi Debu Particulate Matter <2.5 (PM<sub>2.5</sub>). *Jurnal MKMI*, 14(1): 26-35.
- Rose, K.D.C., dan Tualeka, A.R. 2014. Penilaian Risiko Paparan Asap Kendaraan Bermotor pada Polantas Polrestabes Surabaya Tahun 2014. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 3(1): 46-57.
- Scheers, H., Jacobs, L., Casas, L., Nemery, B., dan Nawrot, T.S. 2015. Long-Term Exposure to Particulate Matter Air Pollution is a Risk Factor for Stroke. *Aha Journal*, 46(2): 3058-3066.
- Soemirat, J. 2013. *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Son, J.Y., dan Bell, M.L. 2015. The Relationships Between Short-term Exposure to Particulate Matter and Mortality in Korea: Impact of Particulate Matter Exposure Metrics for Sub-daily Exposures. *Environ Res Lett*, 8(1): 1-17.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta Bandung.
- Sukar., Athena, A., Hananto, M., Zahra. 2006. Dampak Perubahan Musim terhadap Kadar Debu PM<sub>10</sub> Lokasi Transportasi, Industri dan Permukiman. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 5(2): 432-437.
- Tai, A.P.K., Mickley, L. J., dan Jacob, D.J. 2010. Correlation Between Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) and Meteorological Variables in the United States: Implications for the Sensitivity of PM<sub>2.5</sub> to Climate Change. *Atmospheric Environment*, 44(1): 3976-3984.
- U.S Department of Health and Human Services. 2008. *Toxicological Profile for Aluminum*. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

- Ulfah, R. 2017. Kualitas Debu pada Udara Ambien dan Keluhan Kesehatan Masyarakat di Kawasan Industri Peleburan Aluminium (Studi di Dusun Kedungsari Desa Kendalsari Kabupaten Jombang). *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 2017. Health and Environmental Effect of Particulate Matter (PM). <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>. [Diakses pada 05 Oktober 2018].
- United States Environmental Protection Agency (EPA). Particulate Matter (PM) Basics. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>. [Diakses pada 01 Oktober 2018].
- Vargas, M.P.S. dan Teran, L.M. 2012. Air Pollution: Impact and Prevention. *Journal of Respiriology*, 17(1): 1031-1038.
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- WHO. 2003. *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Bonn, Germany: World Health Organization.
- WHO. 2005. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- WHO. 2005. *Who Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*. Geneva: WHO Press.
- WHO. 2006. *Health Impact of PM<sub>10</sub> and Ozone in 13 Italian Cities*. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office of Europe.
- WHO. 2013. *Health Effects of Particulate Matter*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- WHO. 2015. Health and The Environment: Addressing The Health Impact of Air Pollution. *Provisional Agenda 14.6*. World Health Organization.
- WHO. 2016. *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Xing, Y.F., Xu, Y.H., Shi, M.H., dan Lian, Y.X. 2016. The Impact of PM<sub>2.5</sub> on the Human Respiratory Sistem. *Journal of Thoracic Disese*. 8(01): 1-11.
- Yang, X., Jiang, L., Zhao, W., Xiong, Q., Zaho, W., dan Yan, X. 2018. Comparrison of Ground-Based PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> Concentrations in China, India, and the U.S. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15(1382): 1-14.

Yusuf, M. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, & Penelitian Gabungan*. Jakarta: Kencana.



**Lampiran A . *Informed Consent***

***INFORMED CONSENT***

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :  
Usia :  
Alamat :

Menyatakan bahwa bersedia untuk dijadikan sebagai responden dalam penelitian yang berjudul “Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium”.

Prosedur penelitian ini tidak akan memberikan dampak dan risiko apapun pada responden. Saya telah diberikan penjelasan mengenai hal tersebut di atas dan saya telah diberikan kesempatan untuk bertanya mengenai hal-hal yang belum dimengerti dan telah mendapatkan jawaban yang jelas dan benar serta kerahasiaan jawaban yang saya berikan dijamin oleh peneliti.

Dengan ini saya menyatakan secara sukarela untuk ikut sebagai subjek dalam penelitian ini.

Jombang, ..... 2018

Responden

(.....)

**Lampiran B. Kuesioner Penelitian**

**KUESIONER PENELITIAN**

**A. Data Umum**

- a. Nama responden :
- b. Umur :
- c. Jenis kelamin :
- d. Pekerjaan :

**B. Karakteristik Responden**

- a. Berat badan :
- b. Tahun mulai menetap di Dusun Kedungsari :
- c. Lama meninggalkan rumah (ke luar Dusun Kedungsari) :
  - 1) ..... jam/hari (pukul ..... s/d.....)
  - 2) Dalam 1 minggu : ..... hari
  - 3) Dalam 1 bulan : ..... hari
  - 4) Jumlah total meninggalkan rumah dalam 1 tahun : ..... hari

Lampiran C. Hasil Analisis Data dengan SPSS

1. Jenis Kelamin

Statistics

JENIS KELAMIN

N	Valid	242
	Missing	0

JENIS KELAMIN

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	LAKI LAKI	122	50.4	50.4	50.4
	PEREMPUAN	120	49.6	49.6	100.0
	Total	242	100.0	100.0	

2. Pekerjaan

Statistics

PEKERJAAN

N	Valid	242
	Missing	0

PEKERJAAN

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	TIDAK BEKERJA	2	.8	.8	.8
	BELUM BEKERJA	7	2.9	2.9	3.7
	BURUH TANI	5	2.1	2.1	5.8
	IRT	54	22.3	22.3	28.1
	KARYAWAN SWASTA	24	9.9	9.9	38.0
	PELAJAR SD	18	7.4	7.4	45.5
	PELAJAR SMP	15	6.2	6.2	51.7
	PELAJAR SMA	17	7.0	7.0	58.7
	PEDAGANG	7	2.9	2.9	61.6
	MAHASISWA	12	5.0	5.0	66.5
	PETANI	5	2.1	2.1	68.6
	PEKERJA PABRIK ALUMINIUM	44	18.2	18.2	86.8
	TUKANG BATU	1	.4	.4	87.2
	SOPIR	13	5.4	5.4	92.6
	INDUSTRI ALUMINIUM	10	4.1	4.1	96.7
	PEKERJA TOKO	4	1.7	1.7	98.3
	WIRASWASTA	1	.4	.4	98.8
	PNS	1	.4	.4	99.2
	PENJAHIT	1	.4	.4	99.6
	KARYAWAN BUMN	1	.4	.4	100.0
	Total	242	100.0	100.0	

### 3. Umur

#### Statistics

UMUR

N	Valid	242
	Missing	0
Mean		37.13
Median		37.50
Mode		23
Std. Deviation		19.139
Variance		366.295
Minimum		4
Maximum		89

#### UMUR

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
/Valid 4	1	.4	.4	.4
5	1	.4	.4	.8
6	1	.4	.4	1.2
7	3	1.2	1.2	2.5
8	5	2.1	2.1	4.5
9	2	.8	.8	5.4
10	3	1.2	1.2	6.6
11	1	.4	.4	7.0
12	4	1.7	1.7	8.7
13	6	2.5	2.5	11.2
14	4	1.7	1.7	12.8
15	4	1.7	1.7	14.5
16	5	2.1	2.1	16.5
17	5	2.1	2.1	18.6
18	5	2.1	2.1	20.7
19	7	2.9	2.9	23.6
20	7	2.9	2.9	26.4
21	1	.4	.4	26.9
22	7	2.9	2.9	29.8
23	10	4.1	4.1	33.9
24	3	1.2	1.2	35.1
25	4	1.7	1.7	36.8
26	1	.4	.4	37.2
27	4	1.7	1.7	38.8
28	2	.8	.8	39.7
29	5	2.1	2.1	41.7
30	4	1.7	1.7	43.4
31	3	1.2	1.2	44.6
32	4	1.7	1.7	46.3
33	1	.4	.4	46.7
34	1	.4	.4	47.1
35	2	.8	.8	47.9
36	1	.4	.4	48.3
37	4	1.7	1.7	50.0
38	1	.4	.4	50.4

39	1	.4	.4	50.8
40	4	1.7	1.7	52.5
41	3	1.2	1.2	53.7
42	3	1.2	1.2	55.0
43	6	2.5	2.5	57.4
44	4	1.7	1.7	59.1
45	6	2.5	2.5	61.6
46	8	3.3	3.3	64.9
47	7	2.9	2.9	67.8
48	3	1.2	1.2	69.0
49	2	.8	.8	69.8
50	5	2.1	2.1	71.9
51	5	2.1	2.1	74.0
52	4	1.7	1.7	75.6
53	4	1.7	1.7	77.3
54	4	1.7	1.7	78.9
55	4	1.7	1.7	80.6
56	5	2.1	2.1	82.6
57	5	2.1	2.1	84.7
58	2	.8	.8	85.5
59	7	2.9	2.9	88.4
60	5	2.1	2.1	90.5
61	5	2.1	2.1	92.6
62	1	.4	.4	93.0
63	1	.4	.4	93.4
66	2	.8	.8	94.2
67	1	.4	.4	94.6
69	2	.8	.8	95.5
71	1	.4	.4	95.9
72	1	.4	.4	96.3
73	1	.4	.4	96.7
74	2	.8	.8	97.5
79	3	1.2	1.2	98.8
81	1	.4	.4	99.2
84	1	.4	.4	99.6
89	1	.4	.4	100.0
Total	242	100.0	100.0	

#### 4. Berat Badan

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
BERAT BADAN (kg)	242	100.0%	0	0.0%	242	100.0%



**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
BERAT BADAN (kg)	Mean	49.41	.917	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	47.60	
		Upper Bound	51.22	
	5% Trimmed Mean	50.03		
	Median	50.00		
	Variance	203.662		
	Std. Deviation	14.271		
	Minimum	13		
	Maximum	76		
	Range	63		
	Interquartile Range	16		
	Skewness	-.794	.156	
	Kurtosis	.131	.312	

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BERAT BADAN (kg)	.115	242	.000	.933	242	.000

a. Lilliefors Significance Correction

**BERAT BADAN (kg)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 13	1	.4	.4	.4
14	1	.4	.4	.8
15	2	.8	.8	1.7
16	3	1.2	1.2	2.9
17	1	.4	.4	3.3
18	6	2.5	2.5	5.8
19	2	.8	.8	6.6
20	2	.8	.8	7.4
21	4	1.7	1.7	9.1
25	3	1.2	1.2	10.3
26	2	.8	.8	11.2
27	1	.4	.4	11.6
28	1	.4	.4	12.0
30	2	.8	.8	12.8
32	3	1.2	1.2	14.0
35	1	.4	.4	14.5
38	1	.4	.4	14.9
39	3	1.2	1.2	16.1
40	6	2.5	2.5	18.6
41	7	2.9	2.9	21.5
42	7	2.9	2.9	24.4
43	5	2.1	2.1	26.4
44	7	2.9	2.9	29.3

45	16	6.6	6.6	36.0
46	6	2.5	2.5	38.4
47	4	1.7	1.7	40.1
48	9	3.7	3.7	43.8
49	6	2.5	2.5	46.3
50	10	4.1	4.1	50.4
51	1	.4	.4	50.8
52	1	.4	.4	51.2
53	3	1.2	1.2	52.5
54	3	1.2	1.2	53.7
55	11	4.5	4.5	58.3
56	7	2.9	2.9	61.2
57	8	3.3	3.3	64.5
58	10	4.1	4.1	68.6
59	19	7.9	7.9	76.4
60	12	5.0	5.0	81.4
61	4	1.7	1.7	83.1
62	3	1.2	1.2	84.3
63	5	2.1	2.1	86.4
64	5	2.1	2.1	88.4
65	5	2.1	2.1	90.5
66	4	1.7	1.7	92.1
67	4	1.7	1.7	93.8
68	2	.8	.8	94.6
69	2	.8	.8	95.5
70	3	1.2	1.2	96.7
71	5	2.1	2.1	98.8
72	1	.4	.4	99.2
76	2	.8	.8	100.0
Total	242	100.0	100.0	

### 5. Durasi Pajanan (Dt)

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Durasi Pajanan (Tahun)	242	100.0%	0	0.0%	242	100.0%

#### Descriptives

		Statistic	Std. Error	
Durasi Pajanan (Tahun)	Mean	33.09	1.209	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	30.70	
		Upper Bound	35.47	
	5% Trimmed Mean	32.22		
	Median	27.50		
	Variance	353.938		

Std. Deviation	18.813	
Minimum	4	
Maximum	89	
Range	85	
Interquartile Range	30	
Skewness	.604	.156
Kurtosis	-.503	.312

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Durasi Pajanan (Tahun)	.137	242	.000	.941	242	.000

a. Lilliefors Significance Correction

**Durasi Pajanan (Tahun)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 4	2	.8	.8	.8
5	1	.4	.4	1.2
6	1	.4	.4	1.7
7	3	1.2	1.2	2.9
8	6	2.5	2.5	5.4
9	3	1.2	1.2	6.6
10	6	2.5	2.5	9.1
11	1	.4	.4	9.5
12	5	2.1	2.1	11.6
13	7	2.9	2.9	14.5
14	4	1.7	1.7	16.1
15	4	1.7	1.7	17.8
16	5	2.1	2.1	19.8
17	5	2.1	2.1	21.9
18	7	2.9	2.9	24.8
19	8	3.3	3.3	28.1
20	9	3.7	3.7	31.8
21	1	.4	.4	32.2
22	10	4.1	4.1	36.4
23	15	6.2	6.2	42.6
24	3	1.2	1.2	43.8
25	8	3.3	3.3	47.1
26	4	1.7	1.7	48.8
27	3	1.2	1.2	50.0
28	2	.8	.8	50.8
29	5	2.1	2.1	52.9
30	7	2.9	2.9	55.8
31	3	1.2	1.2	57.0
32	3	1.2	1.2	58.3
33	3	1.2	1.2	59.5
34	1	.4	.4	59.9
35	4	1.7	1.7	61.6

36	1	.4	.4	62.0
37	3	1.2	1.2	63.2
40	3	1.2	1.2	64.5
41	3	1.2	1.2	65.7
42	2	.8	.8	66.5
43	4	1.7	1.7	68.2
44	2	.8	.8	69.0
45	2	.8	.8	69.8
46	4	1.7	1.7	71.5
47	5	2.1	2.1	73.6
48	2	.8	.8	74.4
49	5	2.1	2.1	76.4
50	2	.8	.8	77.3
51	4	1.7	1.7	78.9
52	4	1.7	1.7	80.6
53	4	1.7	1.7	82.2
54	3	1.2	1.2	83.5
55	3	1.2	1.2	84.7
56	3	1.2	1.2	86.0
57	3	1.2	1.2	87.2
58	2	.8	.8	88.0
59	7	2.9	2.9	90.9
60	4	1.7	1.7	92.6
61	4	1.7	1.7	94.2
62	1	.4	.4	94.6
63	1	.4	.4	95.0
66	2	.8	.8	95.9
67	1	.4	.4	96.3
71	1	.4	.4	96.7
73	1	.4	.4	97.1
74	2	.8	.8	97.9
79	2	.8	.8	98.8
81	1	.4	.4	99.2
84	1	.4	.4	99.6
89	1	.4	.4	100.0
Total	242	100.0	100.0	

## 6. Waktu Pajanan ( $t_E$ )

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Pajanan (jam/hari, $t_E$ )	242	100.0%	0	0.0%	242	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
Waktu Pajanan (jam/hari, $t_E$ )	Mean	20.76	.250
95% Confidence Interval for Lower Bound		20.27	

Mean	Upper Bound	21.26	
5% Trimmed Mean		20.94	
Median		24.00	
Variance		15.069	
Std. Deviation		3.882	
Minimum		13	
Maximum		24	
Range		11	
Interquartile Range		8	
Skewness		-.444	.156
Kurtosis		-1.662	.312

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Waktu Pajanan (jam/hari, tE)	.376	242	.000	.702	242	.000

a. Lilliefors Significance Correction

**7. Frekuensi Pajanan ( $f_E$ )**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	242	100.0%	0	0.0%	242	100.0%

**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	Mean	361.61	1.573	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	358.51	
		Upper Bound	364.71	
	5% Trimmed Mean	365.00		
	Median	365.00		
	Variance	598.621		
	Std. Deviation	24.467		
	Minimum	110		
	Maximum	365		
	Range	255		
	Interquartile Range	0		
	Skewness	-9.122	.156	
	Kurtosis	88.332	.312	

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	.518	242	.000	.122	242	.000

a. Lilliefors Significance Correction

**8. Laju Inhalasi (R)**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Laju Inhalasi (R)	242	100.0%	0	0.0%	242	100.0%

**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
Laju Inhalasi (R)	Mean	1.09	.018	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1.05	
		Upper Bound	1.12	
	5% Trimmed Mean	1.04		
	Median	1.00		
	Variance	.080		
	Std. Deviation	.282		
	Minimum	1		
	Maximum	2		
	Range	1		
	Interquartile Range	0		
	Skewness	2.954	.156	
	Kurtosis	6.783	.312	

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Laju Inhalasi (R)	.534	242	.000	.315	242	.000

a. Lilliefors Significance Correction

**Laju Inhalasi (R)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 0.83	221	91.3	91.3	91.3
0.5	21	8.7	8.7	100.0
Total	242	100.0	100.0	

**9. Rata-Rata Konsentrasi PM<sub>2.5</sub>**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Rata-rata Konsentrasi PM <sub>2.5</sub> per hari	.224	5	.200 <sup>*</sup>	.879	5	.307

\*. This is a lower bound of the true significance.  
 a. Lilliefors Significance Correction

**Descriptives**

		Statistic	Std. Error	
Rata-rata Konsentrasi PM2.5 per hari	Mean	.04680	.008224	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	.02397	
		Upper Bound	.06963	
	5% Trimmed Mean	.04639		
	Median	.04100		
	Variance	.000		
	Std. Deviation	.018390		
	Minimum	.030		
	Maximum	.071		
	Range	.041		
	Interquartile Range	.036		
	Skewness	.546	.913	
	Kurtosis	-2.243	2.000	

Lampiran D. Rekapitulasi Kuesioner Hasil Wawancara, Penghitungan Nilai Asupan, dan Tingkat Risiko

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avr</sub> (nk)	Intake	RQ
1.1	73	Laki laki	Buruh tani	50	0.030	0.83	24	330	73	26645	0.01080592	0.900493151
1.2	62	Perempuan	IRT	41	0.030	0.83	24	330	62	22630	0.01317795	1.098162379
2.1	36	Laki laki	Karyawan swasta	42	0.030	0.83	16	320	36	13140	0.00831624	0.693020222
2.2	35	Perempuan	IRT	43	0.030	0.83	24	330	35	12775	0.01256502	1.047085059
2.3	15	Perempuan	Pelajar SMP	21	0.030	0.83	16	330	15	5475	0.01715225	1.429354207
3.1	66	Laki laki	Pedagang	58	0.030	0.83	16	350	66	24090	0.00658668	0.548889939
3.2	63	Perempuan	Pedagang	59	0.030	0.83	16	350	63	22995	0.00647504	0.539586719
3.3	31	Laki laki	Karyawan swasta	60	0.030	0.83	16	350	31	11315	0.00636712	0.530593607
4.1	51	Laki laki	Karyawan swasta	63	0.030	0.83	16	350	51	18615	0.00606393	0.505327245
4.2	41	Perempuan	IRT	59	0.030	0.83	24	350	41	14965	0.00971256	0.809380079
4.3	23	Perempuan	Mahasiswa	46	0.030	0.83	16	350	23	8395	0.00830494	0.692078618
4.4	16	Laki laki	Pelajar SMA	41	0.030	0.83	16	350	16	5840	0.00931774	0.77647845
4.5	9	Perempuan	Pelajar SD	18	0.030	0.5	18	350	9	3285	0.01438356	1.198630137
5.1	60	Laki laki	Tidak bekerja	42	0.030	0.83	24	350	60	21900	0.01364384	1.136986301
5.2	60	Perempuan	IRT	49	0.030	0.83	24	350	60	21900	0.01169472	0.974559687
5.3	27	Laki laki	Sopir	47	0.030	0.83	24	350	27	9855	0.01219236	1.016030312
6.1	89	Perempuan	IRT	40	0.030	0.83	24	350	89	32485	0.01432603	1.193835616
7.1	71	Laki laki	Petani	42	0.030	0.83	24	350	71	25915	0.01364384	1.136986301
8.1	46	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	64	0.030	0.83	24	350	46	16790	0.00895377	0.74614726
8.2	47	Perempuan	IRT	48	0.030	0.83	24	350	47	17155	0.01193836	0.994863014
8.3	22	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	41	0.030	0.83	13	350	22	8030	0.00757066	0.63088874
8.4	13	Perempuan	Pelajar SMP	19	0.030	0.83	24	350	13	4745	0.03016006	2.51333814
9.1	61	Laki laki	Sopir	53	0.030	0.83	18	350	61	22265	0.00810907	0.675756009
9.2	59	Perempuan	IRT	49	0.030	0.83	24	350	59	21535	0.01169472	0.974559687
10.1	46	Laki laki	Pedagang	42	0.030	0.83	18	350	46	16790	0.01023288	0.852739726
10.2	42	Perempuan	Pedagang	64	0.030	0.83	18	350	22	8030	0.00671533	0.559610445
10.3	20	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	57	0.030	0.83	16	350	20	7300	0.00670224	0.558519587
10.4	15	Laki laki	Pelajar SMP	32	0.030	0.83	17	350	15	5475	0.01268450	1.057041952
11.1	67	Laki laki	Sopir	52	0.030	0.83	24	350	67	24455	0.01102002	0.91833509
11.2	60	Perempuan	Sopir	47	0.030	0.83	24	350	40	14600	0.01219236	1.016030312
11.3	23	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	43	0.030	0.83	24	350	23	8395	0.01332654	1.110544759



No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
12.1	55	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	48	0.030	0.83	24	350	55	20075	0.01193836	0.994863014
12.2	42	Perempuan	IRT	53	0.030	0.83	24	350	42	15330	0.01081210	0.901008012
12.3	26	Laki laki	Sopir	61	0.030	0.83	24	300	26	9490	0.00805210	0.671008309
13.1	51	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	50	0.030	0.83	24	350	51	18615	0.01146082	0.955068493
13.2	47	Perempuan	Penjahit	67	0.030	0.83	24	350	27	9855	0.00855285	0.712737681
13.3	17	Perempuan	Pelajar SMA	40	0.030	0.83	16	350	17	6205	0.00955068	0.795890411
14.1	47	Laki laki	Sopir	44	0.030	0.83	24	350	47	17155	0.01302366	1.085305106
14.2	44	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	43	0.030	0.83	24	350	23	8395	0.01332654	1.110544759
14.3	16	Laki laki	Pelajar SMP	42	0.030	0.83	16	350	16	5840	0.00909589	0.757990868
15.1	74	Laki laki	Sopir	48	0.030	0.83	24	350	74	27010	0.01193836	0.994863014
15.2	61	Perempuan	IRT	56	0.030	0.83	24	350	53	19345	0.01023288	0.852739726
16.1	60	Laki laki	Pedagang	66	0.030	0.83	18	350	60	21900	0.00651183	0.542652553
16.2	57	Perempuan	IRT	44	0.030	0.83	24	350	42	15330	0.01302366	1.085305106
16.3	30	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	63	0.030	0.83	24	350	30	10950	0.00909589	0.757990868
16.4	23	Perempuan	Pekerja toko	41	0.030	0.83	14	350	23	8395	0.00815302	0.679418644
17.1	59	Laki laki	Karyawan swasta	48	0.030	0.83	16	350	59	21535	0.00795890	0.663242009
17.2	43	Perempuan	IRT	64	0.030	0.83	24	350	23	8395	0.00895377	0.74614726
17.3	13	Laki laki	Pelajar SMP	21	0.071	0.83	16	350	13	4745	0.04305388	3.58782344
17.3	10	Laki laki	Pelajar SD	18	0.071	0.5	16	350	10	3650	0.03025875	2.521562659
18.1	59	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	49	0.071	0.83	24	350	59	21535	0.02767750	2.306457926
18.2	56	Perempuan	IRT	64	0.071	0.83	24	350	59	21535	0.02119058	1.765881849
18.3	24	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	62	0.071	0.83	24	350	18	6570	0.02187415	1.82284578
19.1	33	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	44	0.071	0.83	24	350	33	12045	0.03082267	2.568555417
20.1	79	Perempuan	IRT	40	0.071	0.83	24	350	54	19710	0.03390493	2.825410959
21.1	31	Laki laki	Karyawan swasta	63	0.071	0.83	16	350	31	11315	0.01435129	1.195941147
21.2	30	Perempuan	Karyawan swasta	44	0.071	0.83	16	350	30	10950	0.02054844	1.712370278
21.3	7	Perempuan	Pelajar SD	16	0.071	0.5	16	350	7	2555	0.03404110	2.836757991
22.1	43	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	43	0.071	0.83	24	350	43	15695	0.03153947	2.628289264
22.2	46	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	69	0.071	0.83	24	350	26	9490	0.01965503	1.637919396
22.3	23	Perempuan	Mahasiswa	57	0.071	0.83	14	350	23	8395	0.01387921	1.156600977
22.4	20	Perempuan	Mahasiswa	43	0.071	0.83	14	350	20	7300	0.01839802	1.533168737
23.1	46	Perempuan	IRT	47	0.071	0.83	24	350	23	8395	0.02885526	2.404605071

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
23.2	20	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	49	0.071	0.83	24	350	20	7300	0.02767750	2.306457926
24.1	46	Laki laki	Sopir	63	0.071	0.83	24	350	46	16790	0.02152694	1.79391172
24.2	44	Perempuan	IRT	59	0.071	0.83	24	350	20	7300	0.02298639	1.915532853
24.3	17	Perempuan	Pelajar SMA	39	0.071	0.83	16	350	17	6205	0.02318286	1.931904929
25.1	29	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	69	0.071	0.83	24	350	29	10585	0.01965503	1.637919396
25.2	8	Laki laki	Pelajar SD	18	0.071	0.5	16	350	8	2920	0.03025875	2.521562659
26.1	42	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	48	0.071	0.83	24	350	22	8030	0.02825411	2.354509132
26.2	38	Perempuan	IRT	50	0.071	0.83	24	350	18	6570	0.02712395	2.260328767
26.3	17	Perempuan	Pelajar SMA	40	0.071	0.83	16	350	17	6205	0.02260329	1.883607306
26.4	16	Perempuan	Pelajar SMA	39	0.071	0.83	16	350	16	5840	0.02318286	1.931904929
26.5	12	Perempuan	Pelajar SD	25	0.071	0.5	16	350	12	4380	0.02178630	1.815525114
26.1	56	Laki laki	Sopir	46	0.071	0.83	24	350	35	12775	0.02948255	2.456879095
26.2	54	Perempuan	Karyawan swasta	50	0.071	0.83	16	350	22	8030	0.01808263	1.506885845
26.3	20	Laki laki	Mahasiswa	63	0.071	0.83	24	275	20	7300	0.01691402	1.409502066
26.4	18	Perempuan	Pelajar SMA	41	0.071	0.83	16	350	18	6570	0.02205199	1.837665664
27.1	30	Laki laki	Karyawan swasta	71	0.071	0.83	16	350	30	10950	0.01273425	1.061187215
27.2	27	Perempuan	IRT	55	0.071	0.83	24	350	8	2920	0.02465813	2.054844334
27.3	7	Perempuan	Pelajar SD	14	0.071	0.5	18	350	7	2555	0.04376712	3.647260274
28.1	48	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	67	0.071	0.83	24	350	48	17520	0.02024175	1.686812513
28.2	41	Perempuan	IRT	45	0.071	0.83	24	350	41	14965	0.03013772	2.511476408
28.3	19	Perempuan	Belum bekerja	40	0.071	0.83	24	350	19	6935	0.03390493	2.825410959
28.4	13	Laki laki	Pelajar SMP	30	0.071	0.83	16	350	13	4745	0.03013772	2.511476408
29.1	57	Perempuan	IRT	59	0.071	0.83	24	350	57	20805	0.02298639	1.915532853
29.2	24	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	45	0.071	0.83	24	350	24	8760	0.03013772	2.511476408
29.3	18	Perempuan	Pelajar SMA	42	0.071	0.83	16	350	18	6570	0.02152694	1.79391172
30.1	37	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	59	0.071	0.83	24	350	37	13505	0.02298639	1.915532853
30.2	34	Perempuan	IRT	45	0.071	0.83	24	350	34	12410	0.03013772	2.511476408
30.3	10	Perempuan	Pelajar SD	20	0.071	0.5	18	350	10	3650	0.03063699	2.553082192
30.4	9	Laki laki	Pelajar SD	15	0.071	0.5	18	350	9	3285	0.04084932	3.404109589
30.5	8	Perempuan	Pelajar SD	16	0.071	0.5	18	350	8	2920	0.03829623	3.19135274
31.1	48	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	71	0.071	0.83	24	350	48	17520	0.01910137	1.591780822
31.2	50	Perempuan	IRT	60	0.071	0.83	24	350	30	10950	0.02260329	1.883607306

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
31.3	21	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	49	0.071	0.83	24	350	21	7665	0.02767750	2.306457926
32.1	61	Perempuan	IRT	55	0.071	0.83	24	350	61	22265	0.02465813	2.054844334
33.1	61	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	59	0.041	0.83	24	350	61	22265	0.01327383	1.106152775
33.2	56	Perempuan	IRT	57	0.041	0.83	24	350	56	20440	0.01373958	1.144965153
34.1	51	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	64	0.041	0.83	24	350	51	18615	0.01223682	1.019734589
34.2	43	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	45	0.041	0.83	24	350	43	15695	0.01740347	1.450289193
34.3	25	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	48	0.041	0.83	24	350	25	9125	0.01631575	1.359646119
34.4	14	Laki laki	Pelajar SMP	25	0.041	0.83	16	350	14	5110	0.02088416	1.740347032
35.1	56	Laki laki	Sopir	59	0.041	0.83	24	350	56	20440	0.01327383	1.106152775
35.2	51	Perempuan	IRT	59	0.041	0.83	24	350	31	11315	0.01327383	1.106152775
35.3	23	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	55	0.041	0.83	24	350	23	8395	0.01423920	1.186600249
35.4	15	Perempuan	Pelajar SMP	26	0.041	0.83	16	350	15	5475	0.02008093	1.673410608
36.1	51	Laki laki	Buruh tani	65	0.041	0.83	24	350	51	18615	0.01204856	1.004046365
36.2	43	Perempuan	Buruh tani	71	0.041	0.83	24	350	23	8395	0.01103037	0.919197376
36.3	19	Laki laki	Mahasiswa	56	0.041	0.83	15	350	19	6935	0.00874058	0.728381849
37.1	66	Laki laki	Industri aluminium	61	0.041	0.83	24	350	66	24090	0.01283863	1.06988547
37.2	52	Perempuan	IRT	45	0.041	0.83	24	350	32	11680	0.01740347	1.450289193
37.3	24	Perempuan	Mahasiswa	54	0.041	0.83	14	350	24	8760	0.00846002	0.705001691
38.1	46	Perempuan	Karyawan BUMN	57	0.041	0.83	16	350	26	9490	0.00915972	0.763310102
38.2	20	Laki laki	Mahasiswa	44	0.041	0.83	16	350	20	7300	0.01186600	0.988833541
38.3	13	Perempuan	Pelajar SMP	16	0.041	0.83	16	350	13	4745	0.03263151	2.719292237
39.1	37	Laki laki	Karyawan swasta	59	0.041	0.83	16	350	10	3650	0.00884922	0.737435183
39.2	32	Perempuan	IRT	62	0.041	0.83	24	350	10	3650	0.01263155	1.052629253
39.3	19	Perempuan	Pelajar SMA	45	0.041	0.83	16	350	10	3650	0.01160231	0.966859462
40.1	44	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	70	0.041	0.83	24	350	44	16060	0.01118795	0.932328767
40.2	40	Perempuan	IRT	45	0.041	0.83	24	350	20	7300	0.01740347	1.450289193
40.3	19	Laki laki	Mahasiswa	58	0.041	0.83	14	350	19	6935	0.00787657	0.656380885
40.4	12	Perempuan	Pelajar SD	18	0.041	0.5	16	350	12	4380	0.01747336	1.456113648
41.1	47	Laki laki	Karyawan swasta	67	0.041	0.83	16	350	47	17155	0.00779260	0.649383221
41.2	47	Perempuan	IRT	58	0.041	0.83	24	350	26	9490	0.01350269	1.125224374
41.3	22	Laki laki	Mahasiswa	59	0.041	0.83	16	350	22	8030	0.00884922	0.737435183
41.4	12	Laki laki	Pelajar SD	18	0.041	0.5	17	350	12	4380	0.01856545	1.547120751

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
41.5	8	Perempuan	Pelajar SD	18	0.041	0.5	18	350	8	2920	0.01965753	1.638127854
42.1	41	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	60	0.041	0.83	24	350	41	14965	0.01305260	1.087716895
42.2	31	Perempuan	IRT	59	0.041	0.83	24	350	13	4745	0.01327383	1.106152775
42.3	13	Perempuan	Pelajar SMP	32	0.041	0.83	16	350	13	4745	0.01631575	1.359646119
43.1	40	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	67	0.041	0.83	24	350	40	14600	0.01168890	0.974074831
43.2	39	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	60	0.041	0.83	24	350	19	6935	0.01305260	1.087716895
44.1	43	Perempuan	IRT	56	0.041	0.83	24	350	43	15695	0.01398493	1.165410959
44.2	23	Perempuan	Pekerja toko	48	0.041	0.83	15	350	23	8395	0.01019735	0.849778824
44.3	17	Perempuan	Pelajar SMA	45	0.041	0.83	16	350	17	6205	0.01160231	0.966859462
45.1	54	Laki laki	Industri aluminium	70	0.041	0.83	24	350	54	19710	0.01118795	0.932328767
45.2	53	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	45	0.041	0.83	24	350	53	19345	0.01740347	1.450289193
45.3	27	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	62	0.041	0.83	24	350	27	9855	0.01263155	1.052629253
46.1	49	Laki laki	Industri aluminium	55	0.041	0.83	24	350	49	17885	0.01423920	1.186600249
46.2	45	Perempuan	IRT	55	0.041	0.83	24	350	25	9125	0.01423920	1.186600249
46.3	20	Laki laki	Mahasiswa	60	0.041	0.83	16	350	20	7300	0.00870174	0.725144597
47.1	54	Laki laki	Industri aluminium	76	0.041	0.83	24	350	53	19345	0.01030469	0.858723864
47.2	29	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	48	0.041	0.83	24	350	29	10585	0.01631575	1.359646119
48.1	54	Laki laki	Sopir	60	0.041	0.83	24	350	54	19710	0.01305260	1.087716895
48.2	49	Perempuan	IRT	55	0.041	0.83	24	350	49	17885	0.01423920	1.186600249
48.3	19	Laki laki	Pelajar SMA	59	0.041	0.83	16	350	19	6935	0.00884922	0.737435183
48.4	13	Laki laki	Pelajar SMP	26	0.061	0.83	16	350	13	4745	0.02987650	2.489708465
49.1	84	Laki laki	Buruh tani	46	0.061	0.83	24	350	84	30660	0.02533008	2.110839786
49.2	69	Perempuan	IRT	55	0.061	0.83	24	350	49	17885	0.02118516	1.765429639
50.1	46	Laki laki	Industri aluminium	76	0.061	0.83	24	350	46	16790	0.01533136	1.277613554
50.2	45	Perempuan	IRT	58	0.061	0.83	24	350	25	9125	0.02008937	1.674114313
50.3	14	Laki laki	Pelajar SMP	27	0.061	0.83	16	350	14	5110	0.02876996	2.39749704
51.1	43	Laki laki	Karyawan swasta	49	0.061	0.83	16	350	43	15695	0.01585284	1.321069798
51.2	37	Perempuan	IRT	59	0.061	0.83	24	350	19	6935	0.01974887	1.645739494
51.3	18	Laki laki	Pelajar SMA	50	0.061	0.83	16	350	18	6570	0.01553578	1.294648402
51.3	10	Laki laki	Pelajar SD	25	0.061	0.5	18	350	10	3650	0.02105753	1.754794521
52.1	50	Laki laki	Petani	60	0.061	0.83	24	350	50	18250	0.01941973	1.618310502
52.2	48	Perempuan	IRT	58	0.061	0.83	24	350	28	10220	0.02008937	1.674114313

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
52.3	22	Perempuan	Pekerja toko	46	0.061	0.83	13	350	22	8030	0.01372046	1.143371551
52.4	8	Perempuan	Pelajar SD	19	0.061	0.5	18	350	8	2920	0.02770728	2.308940159
53.1	55	Perempuan	IRT	56	0.061	0.83	24	350	55	20075	0.02080685	1.73390411
53.2	25	Laki laki	Karyawan swasta	57	0.061	0.83	16	350	25	9125	0.01362788	1.135656493
53.3	23	Perempuan	Pekerja toko	44	0.061	0.83	14	350	23	8395	0.01544751	1.287292445
53.4	15	Laki laki	Pelajar SMP	28	0.061	0.83	16	350	15	5475	0.02774247	2.311872146
54.1	50	Laki laki	Karyawan swasta	65	0.061	0.83	16	350	50	18250	0.01195060	0.995883386
54.2	45	Perempuan	Karyawan swasta	58	0.061	0.83	16	350	25	9125	0.01339291	1.116076208
54.3	18	Laki laki	Pelajar SMA	50	0.061	0.83	16	350	18	6570	0.01553578	1.294648402
54.4	14	Perempuan	Pelajar SMP	35	0.061	0.83	16	350	14	5110	0.02219397	1.849497717
54.5	6	Perempuan	Belum bekerja	17	0.061	0.5	24	350	6	2190	0.04128928	3.44077357
55.1	74	Perempuan	IRT	44	0.061	0.83	24	350	74	27010	0.02648144	2.206787049
56.1	60	Perempuan	IRT	45	0.061	0.83	24	350	60	21900	0.02589297	2.157747336
57.1	45	Laki laki	Karyawan swasta	65	0.061	0.83	16	350	45	16425	0.01195060	0.995883386
57.2	45	Perempuan	IRT	59	0.061	0.83	24	350	45	16425	0.01974887	1.645739494
57.3	22	Laki laki	Belum bekerja	57	0.061	0.83	24	350	22	8030	0.02044182	1.703484739
57.4	16	Perempuan	Pelajar SMA	38	0.061	0.83	16	350	16	5840	0.02044182	1.703484739
58.1	52	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	61	0.061	0.83	24	350	52	18980	0.01910137	1.591780822
58.2	50	Perempuan	IRT	54	0.061	0.83	24	350	30	10950	0.02157747	1.79812278
58.3	16	Laki laki	Pelajar SMA	51	0.061	0.83	16	350	16	5840	0.01523116	1.269263139
59.1	79	Perempuan	IRT	45	0.061	0.83	24	350	79	28835	0.02589297	2.157747336
60.1	58	Laki laki	Karyawan swasta	60	0.061	0.83	16	350	58	21170	0.01294648	1.078873668
60.2	53	Perempuan	IRT	47	0.061	0.83	24	350	33	12045	0.02479114	2.065928301
60.3	23	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	58	0.061	0.83	24	350	23	8395	0.02008937	1.674114313
60.4	19	Laki laki	Belum bekerja	53	0.061	0.83	24	350	19	6935	0.02198460	1.832049625
61.1	47	Laki laki	Industri aluminium	72	0.061	0.83	24	350	47	17155	0.01618311	1.348592085
61.2	44	Perempuan	IRT	58	0.061	0.83	24	350	44	16060	0.02008937	1.674114313
61.3	25	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	45	0.061	0.83	24	350	25	9125	0.02589297	2.157747336
61.4	14	Laki laki	Pelajar SMP	30	0.061	0.83	16	350	14	5110	0.02589297	2.157747336
62.1	47	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	55	0.061	0.83	24	350	47	17155	0.02118516	1.765429639
62.2	45	Perempuan	Wiraswasta	45	0.061	0.83	24	350	25	9125	0.02589297	2.157747336
62.3	23	Laki laki	Mahasiswa	50	0.061	0.83	24	305	23	8395	0.02030748	1.692290411

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
62.4	18	Perempuan	Pelajar SMA	39	0.061	0.83	16	350	18	6570	0.01991767	1.659805643
63.1	32	Laki laki	Karyawan swasta	60	0.061	0.83	16	350	32	11680	0.01294648	1.078873668
63.2	27	Perempuan	Karyawan swasta	45	0.061	0.83	16	350	9	3285	0.01726198	1.438498224
63.3	8	Perempuan	Pelajar SD	21	0.061	0.5	18	350	8	2920	0.02506849	2.089041096
64.1	28	Laki laki	Karyawan swasta	66	0.061	0.83	16	350	28	10220	0.01176953	0.980794244
64.2	28	Perempuan	IRT	57	0.061	0.83	24	350	4	1460	0.02044182	1.703484739
64.3	4	Perempuan	Belum bekerja	13	0.031	0.5	24	350	4	1460	0.02743941	2.286617492
65.1	30	Laki laki	Karyawan swasta	59	0.031	0.83	16	350	30	10950	0.00669088	0.557572943
65.2	32	Perempuan	Karyawan swasta	60	0.031	0.83	16	350	12	4380	0.00657936	0.548280061
65.3	11	Laki laki	Pelajar SD	21	0.031	0.5	18	350	11	4015	0.01273973	1.061643836
66.1	52	Perempuan	IRT	55	0.031	0.83	24	350	52	18980	0.01076623	0.897185554
67.1	32	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	65	0.031	0.83	24	350	32	11680	0.00910988	0.759157007
67.2	25	Perempuan	IRT	58	0.031	0.83	24	350	25	9125	0.01020935	0.850779405
68.1	58	Laki laki	Industri aluminium	71	0.031	0.83	24	350	58	21170	0.00834003	0.695002894
68.2	57	Perempuan	IRT	45	0.031	0.83	24	350	37	13505	0.01315872	1.096560122
68.3	29	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	66	0.031	0.83	24	350	29	10585	0.00897186	0.747654628
69.1	59	Laki laki	Industri aluminium	56	0.031	0.83	24	350	59	21535	0.01057397	0.881164384
69.2	52	Perempuan	IRT	54	0.031	0.83	24	350	52	18980	0.01096560	0.913800101
70.1	59	Laki laki	Buruh tani	68	0.031	0.83	24	350	59	21535	0.00870798	0.725664786
70.2	53	Perempuan	IRT	46	0.031	0.83	24	350	33	12045	0.01287266	1.072721858
70.3	29	Perempuan	Karyawan swasta	59	0.031	0.83	16	350	29	10585	0.00669088	0.557572943
70.4	19	Laki laki	Pelajar SMA	56	0.031	0.83	16	350	19	6935	0.00704932	0.587442922
71.1	55	Laki laki	Industri aluminium	50	0.031	0.83	24	350	55	20075	0.01184285	0.98690411
71.2	50	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	48	0.031	0.83	24	350	30	10950	0.01233630	1.028025114
71.3	20	Perempuan	Belum bekerja	46	0.031	0.83	24	350	20	7300	0.01287266	1.072721858
72.1	57	Perempuan	Pedagang	60	0.031	0.83	18	350	57	20805	0.00740178	0.616815068
73.1	61	Laki laki	Petani	66	0.031	0.83	24	350	61	22265	0.00897186	0.747654628
73.2	56	Perempuan	Pedagang	55	0.031	0.83	19	350	56	20440	0.00852326	0.710271897
73.3	22	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	57	0.031	0.83	24	350	22	8030	0.01038846	0.865705359
74.1	35	Laki laki	Tukang batu	71	0.031	0.83	18	350	35	12775	0.00625503	0.521252171
74.2	46	Perempuan	IRT	42	0.031	0.83	24	350	23	8395	0.01409863	1.174885845
74.3	22	Laki laki	Pekerja pabrik aluminium	65	0.031	0.83	24	350	22	8030	0.00910988	0.759157007

No	Umur	Jenis kelamin	Pekerjaan	Wb	PM <sub>2,5</sub>	R	t <sub>E</sub>	f <sub>E</sub>	Dt	t <sub>avg</sub> (nk)	Intake	RQ
74.4	7	Perempuan	Pelajar SD	20	0.031	0.5	18	350	7	2555	0.01337671	1.114726027
75.1	59	Laki laki	Petani	50	0.031	0.83	19	350	59	21535	0.00937559	0.781299087
75.2	55	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	59	0.031	0.83	24	350	35	12775	0.01003631	0.836359415
75.3	23	Laki laki	Karyawan swasta	60	0.031	0.83	16	350	23	8395	0.00657936	0.548280061
76.1	59	Laki laki	Petani	61	0.031	0.83	24	350	49	17885	0.00970725	0.808937795
76.2	57	Perempuan	Pekerja pabrik aluminium	45	0.031	0.83	24	350	57	20805	0.01315872	1.096560122
77.1	81	Laki laki	Tidak bekerja	56	0.031	0.83	24	350	81	29565	0.01057397	0.881164384
77.2	69	Perempuan	Sopir	50	0.031	0.83	20	350	49	17885	0.00986904	0.822420091
77.3	29	Laki laki	Karyawan swasta	55	0.031	0.83	16	350	29	10585	0.00717748	0.598123703
78.1	79	Laki laki	Buruh tani	40	0.031	0.83	19	350	79	28835	0.01171949	0.976623858
78.2	72	Perempuan	IRT	59	0.031	0.83	24	350	52	18980	0.01003631	0.836359415
79.1	40	Laki laki	Industri aluminium	70	0.031	0.83	24	350	40	14600	0.00845918	0.704931507
79.2	37	Perempuan	IRT	58	0.031	0.83	24	350	37	13505	0.01020935	0.850779405
79.3	17	Laki laki	Pelajar SMA	41	0.031	0.83	16	350	17	6205	0.00962833	0.802361065
79.4	12	Laki laki	Pelajar SD	32	0.031	0.5	18	350	12	4380	0.00836045	0.696703767
79.5	5	Laki laki	Belum bekerja	15	0.031	0.5	24	350	5	1825	0.02378082	1.98173516
80.1	53	Laki laki	PNS	68	0.031	0.83	18	350	53	19345	0.00653098	0.54424859
80.2	40	Perempuan	IRT	41	0.031	0.83	24	350	24	8760	0.01444250	1.203541597
80.3	22	Laki laki	Mahasiswa	59	0.031	0.83	24	300	22	8030	0.00860255	0.716879498

Lampiran E. Foto Hasil Kegiatan



Gambar 1. Pengukuran konsentrasi  $PM_{2.5}$



Gambar 2. Pengukuran suhu dan kelembaban udara



Gambar 3. Lokasi Peleburan Aluminium





Gambar 4. Pengukuran arah dan kecepatan angin



Gambar 5. Pengukuran konsentrasi PM<sub>2,5</sub>



Gambar 6. Proses pengambilan data responden



Gambar 7. Wawancara dengan salah satu responden



Gambar 8. Pengukuran berat badan (BB) responden



Gambar 9. Wawancara dengan salah satu responden

Lampiran F. Hasil Pengukuran *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>)



LABORATORIUM PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA DAN PERUBAHAN IKLIM  
 DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 Kampus ITS Sukohilo-Surabaya 60111  
 Telepon : 031-5994251-54, 5947274, 5943472 (Homeing)  
 Fax : 031-5950066  
<http://www.its.ac.id>

---

**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**

Jenis contoh uji : Udara Ambien  
 Asal contoh uji : Dusun Kedungsari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang  
 Tanggal pengukuran : 9 Maret 2019  
 Lokasi pengukuran : Sekitar Industri Peleburan Aluminium  
 Metode : Light scattering  
 Petugas : Mohamad Affan Samudra

No	Lokasi Pengukuran	Jam (WIB)	PM <sub>2.5</sub> terukur (mg/Nm <sup>3</sup> )	Suhu (°C)	RH (%)	Kecepatan angin (m/s)	Arah Angin
1	Lokasi A	09.00 -10.00	0,021	34,5	57,2	0,8 - 1,1	Timur
		12.00-13.00	0,010	33,5	66	0,6 - 2,2	Utara
		15.00-16.00	0,060	32,5	63	0,6 - 1,2	Utara
2	Lokasi B	09.00 -10.00	0,048	34,5	57	0,5 - 0,8	Timur laut
		12.00-13.00	0,007	33	65	1,0 - 2,1	Timur
		15.00-16.00	0,159	31	71	1 - 3,9	Utara
3	Lokasi C	09.00 -10.00	0,023	32	57	0,3 - 0,6	Barat laut
		12.00-13.00	0,007	34	64	0,9 - 1,6	Timur
		15.00-16.00	0,093	28	88	1,2 - 2,1	Timur
4	Lokasi D	09.00 -10.00	0,021	39	61	1,0 - 3,2	Timur laut
		12.00-13.00	0,008	33	68	1,1 - 3,5	Timur
		15.00-16.00	0,032	27	85	1,2 - 3,1	Timur laut
5	Lokasi E	09.00 -10.00	0,023	34	55	0,3 - 0,6	Timur laut
		12.00-13.00	0,017	37	49	0,7 - 2,5	Timur
		15.00-16.00	0,053	27,6	80	0,8 - 1,4	Timur laut

Catatan :  
 Baku Mutu Kadar Debu sesuai Pergub Jatim No 10 Tahun 2009 sebesar 0,26 mg/m<sup>3</sup>.

Surabaya, 21 Maret 2019  
 Laboran  
 Laboratorium Pengendalian Pencemaran  
 Udara dan Perubahan Iklim



**Mohamad Affan Samudra**  
 NIP. 19630512 20701 1 002