STUDI GAMBARAN FAKTOR YANG BERPOTENSI MEMBERI KONTRIBUSI KADAR TIMBAL (Pb) DALAM RAMBUT PETUGAS TEKNIS UJI KIR DISHUB KOTA SEMARANG TAHUN 2018

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Disusun Oleh:

Destia Nur Laili
NIM 6411412149

JURUSAN ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019

Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Semarang
Agustus 2019

ABSTRAK

Destia Nur Laili

Studi Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Kontribusi Kadar Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018

XVII + 85 halaman + 21 tabel + 12 gambar + 10 lampiran

Kadar timbal (Pb) udara di Gedung Uji KIR Dishub Kota Semarang sebesar 0,0003 mg/m^3 dan ditemukan kadar Pb dalam rambut petugas teknis Uji KIR sebesar 4,610 µg/gram dan 7,408 µg/gram yang melebihi batas normal. Walaupun Pb Udara masih di bawah ambang batas yang ditetapkan namun timbal (Pb) bersifat akumulatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran faktor yang berpotensi memberi kontribusi kadar timbal (Pb) pada rambut petugas teknis uji KIR.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan desain *cross sectional*. Sampel dalam penelitian ditetapkan dengan sampling jenuh yaitu seluruh populasi sebanyak 17 responden, diambil dari seluruh petugas teknis uji KIR yang memenuhi kriteria di Dishub Kota Semarang. Instrumen yang digunakan adalah SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) dan kuesioner. Data dianalisis menggunakan analisis univariat untuk mendeskripsikan masing-masing variabel.

Hasil menunjukkan bahwa kadar Pb rambut tertinggi yaitu 7,72 µg/gram; kadar terendah yaitu 4,48 µg/gram. Beberapa karakteristik reponden ini yang dapat menjadi faktor potensi yang berkontribusi pada kadar Pb rambut petugas yaitu umur, jenis kelamin, masa kerja, merokok, penggunaan masker, dan jarak tempat tinggal.

Saran penelitian ini adalah waspada terhadap faktor potensi, penggunaan bahan bakar *eco friendly*, batas minimal Pb dalam tubuh manusia.

Kata kunci: Faktor Potensi, Timbal (Pb) Rambut
Kepustakaan: 58 (1994-2017)

Public Health Science Departement
Faculty of Sports Science
Universitas Negeri Semarang
August 2019

ABSTRACT

Destia Nur Laili

Descriptive Study of Potential Factors that Contribute Lead (Pb) Level in Officer Hair of Vehicle Road Worthiness (KIR) Test in Department of Transportation of Semarang City 2018

XVII + 85 pages + 21 tables + 12 figures + 10 appendices

Lead Air level in the KIR Test building of Semarang's Departement of Transportation were 0,0003 mg/m3 and found Pb hair levels of KIR Test officers were 4,610 µg/g and 7,408 µg/g which exceeded the normal limit. Although Pb in air is still below the quality standards, lead (Pb) is accumulative. It have negative effects on health, especially for KIR Test officers. The main aim of this study is to describe the potential factors that could contribute lead hair levels of the KIR test officers.

This research is a descriptive study with cross sectional design. The sample was determined by entire population of 17 respondents from KIR test officers in Semarang's Departement of Transportation. The instrument used was AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) and questionnaire. Univariate analysis were used to describe each variable.

The results showed that the highest Pb hair level was 7.72 µg/g; the lowest levels are 4.48 µg/g. There are some of officer's characteristics that can be a potential factors to Pb hair levels are age, gender, years of service, smoking, masks usage, and home distance.

The suggestion of this research is to be alert to potential factors, using more eco friendly fuels, strict the minimum limit of Pb in the human body.

Key words: Potential factors, Lead hair levels
Literatures: 58 (1994-2018)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam pustaka.

Semarang, 15 Agustus 2019
Penulis

Destia Nur Laili
NIM 6411412149

PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul "Studi Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Kontribusi Kadar Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018" yang disusun oleh Destia Nur Laili, NIM 6411412149 telah disetujui untuk diujikan di hadapan panitia ujian pada Ujian Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 15 Agustus 2019
Dosen Pembimbing,

Eram Tunggul Pawenang, S.K.M., M.Kes.

NIP 19740928200312

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Studi Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Konstribusi Kadar Timbal (Pb) Dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018" yang disusun oleh Destia Nur Laili, NIM 6411412149 telah dipertahankan di hadapan panitia ujian pada Ujian Skripsi Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, yang dilaksanakan pada:

hari, tanggal : Senin, 19 Agustus 2019

tempat : Ruang Ujian Jurusan IKM B

Panitia Ujian

Ketua,

Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd.

NIP 196103201984032001

Sekretaris,

Dr. Irwan Budiono, M.Kes. (Epid)

NIP 197512172005011003

	Dewan Penguji	Tanggal
Penguji I	Arum Siwiendrayanti, S.KM., M.Kes. NIP 198009092005012002	20/8 '19
Penguji II	dr. Anik Setyo Wahyuningsih, M.Kes. NIP 197409032006042001	20/8 '19
Penguji III	Eram Tunggul Pawenang, S.KM., M.Kes. NIP 197409282003121001	20/8 '19

MOTTO DAN PERSEMABAHAN

Motto

Kill them with success and burry them with a smile. (RM)

Persembahan:

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta (Bapak Abdul Cholik dan Ibu Suharyati)
2. Adik-adik yang saya sayangi (Zulfa, Dila, dan Novi)
3. Almamater UNNES

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "***Studi Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Kontribusi Kadar Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018***". Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat di Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd., Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang, atas pemberian izin penelitian.
3. Dr. Irwan Budiono, M. Kes. (Epid), Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang
4. Bapak Eram Tunggul Pawenang, S.K.M, M.Kes., Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, kritik, serta saran dengan sabar dan tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Ilmu Kesehatan Masayarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan yang diberikan selama di bangku kuliah.

6. Staf Tata Usaha dan Perpustakaan Jurusan Ilmu Kesehatan Masayarakat Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang yang telah membantu penulis selama menempuh perkuliahan.
7. Kepala Dinas Perhubungan Kota Semarang yang telah memberikan izin penelitian di Dinas Perhubungan Kota Semarang Semarang.
8. Bapak Agung Meidri Haryono, SH, ST. Kepala Sie Pengujian Dinas Perhubungan Kota Semarang.
9. Bapak Citra Puji S, A.Ma PKB, Penguji Tingkat II Dinas Perhubungan Kota Semarang yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan selama penelitian.
10. Seluruh pegawai teknis Uji KIR Dinas Perhubungan Kota Semarang yang telah memberikan waktunya untuk membantu penelitan penulis.
11. Kedua orang tua saya tercinta, Ibu Suharyati dan Bapak Abdul Cholik serta kedua Saudara saya Zulfa Oktaviani dan Alfia Ayu Arofadila yang telah memberikan motivasi dengan segala ketulusan, serta kasih sayangnya. Serta memberikan dukungan dan doa yang senantiasa dipanjatkan untuk saya.
12. Sesosok yang bisa menjadi teman, sahabat, dan adik sampai saat ini Novi Anggraini Putri, yang selalu ada baik sedih maupun senang, selalu dapat memahami kondisi penulis dan mau menerima segala kekurangan penulis dan terlebih selalu membantu permasalahan yang ada selama penulis menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala ketulusan dan kebaikan tersebut senantiasa dilimpahkan balasan yang terbaik dari Allah S.W.T. Penulis menyadari bahwa penyusunan

skripsi ini masih banyak kekurangan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan tambahan pengetahuan serta ilmu bagi pembaca.

Semarang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL ..... **i**

ABSTRAK ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

PERNYATAAN ..... **iv**

PERSETUJUAN ..... **v**

PENGESAHAN ..... **vi**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... **vii**

PRAKATA ..... **viii**

DAFTAR ISI ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xiv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Rumusan Masalah 7

1.3 Tujuan Penelitian 9

1.4 Manfaat 10

1.5 Keaslian Penelitian 11

1.6 Ruang Lingkup Penelitian 13

1.6.1 Ruang Lingkup Tempat 13

1.6.2 Ruang Lingkup Waktu 13

1.6.3 Ruang Lingkup Keilmuan 13

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....14

2.1 Landasan Teori.....14

2.1.1 Pencemaran Udara 14

2.1.2 Timbal (Pb) 15

2.1.3 Sumber dan Kegunaan Timbal.....16

2.1.4 Metabolisme Timbal dalam Tubuh Manusia 18

2.1.5 Pemajanan Timbal Melalui Air, Udara, Tanah, Makanan 23

2.1.6 Biomarker Pajanan Timbal 26

2.1.7 Keracunan Timbal.....29

2.1.8 Faktor-faktor yang Berpotensi Memberi Kontribusi Timbal dalam Tubuh Manusia 34

2.1.9 Cara Pencegahan 37

2.1.10 Peraturan-peraturan yang Berkaitan dengan Timbal.....39

2.2 Kerangka Teori 40

BAB III METODE PENELITIAN 42

3.1 Alur Pikir 42

3.2 Fokus Penelitian.....42

3.3 Jenis dan Rancangan Penelitian 42

3.4 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel.....43

3.5 Populasi dan Sampel Penelitian 44

3.6 Sumber Data.....45

3.7 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengambilan Data.....45

3.7.1 Instrumen Penelitian.....45

3.7.2 Teknik Pengambilan Data.....46

3.8 Prosedur Penelitian 48

3.9 Teknik Analisis Data.....50

BAB IV HASIL PENELITIAN.....51

4.1 Gambaran Umum.....51

4.1.1 Gambaran Umum Penelitian.....51

4.2 Hasil Penelitian 52

4.2.1 Gambaran Karakteristik Responden 52

4.2.2 Gambaran Kadar Pb Rambut Responden.....56

BAB V PEMBAHASAN 66

5.1 Pembahasan.....66

5.2 Hambatan dan Kelemahan Penelitian 76

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 77

6.1 Simpulan 77

6.2 Saran 78

DAFTAR PUSTAKA.....80

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1: Keaslian Penelitian.....11

Tabel 2.1: Bentuk Persenyawaan Pb dan Kegunaannya 18

Tabel 2.2: Kategori Timbal (Pb) Dalam Darah Orang Dewasa 27

Tabel 2.3: Efek Kesehatan pada Orang Dewasa yang Terpapar Timbal Menurut Kadar Timbal Darah.....28

Tabel 3.1: Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel.....43

Tabel 4.1: Distribusi Frekuensi Jenis Kelamin 52

Tabel 4.2: Rata-rata Umur Responden.....52

Tabel 4.3: Distribusi Frekuensi Umur.....53

Tabel 4.4: Distribusi Frekuensi Masa Kerja 54

Tabel 4.5: Distribusi Frekuensi Kebiasaan Merokok.....54

Tabel 4.6: Distribusi Frekuensi Penggunaan APD Masker 55

Tabel 4.7: Distribusi Frekuensi Jarak Tempat Tinggal.....55

Tabel 4.8: Distribusi Frekuensi Lingkungan Tempat Tinggal.....56

Tabel 4.9: Distribusi Kadar Pb Rambut Responden 56

Tabel 4.10: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Jenis Kelamin.....57

Tabel 4.11: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Umur.....59

Tabel 4.12: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Masa Kerja 60

Tabel 4.13: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Kebiasaan Merokok.....61

Tabel 4.14: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Penggunaan APD Masker 62

Tabel 4.15: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Jarak Rumah.....63

Tabel 4.16: Kadar Pb Rambut Berdasarkan Lingkungan Tempat Tinggal 64

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1: Metabolisme Timbal (Pb) dalam Tubuh Manusia 22

Gambar 2.2: Kerangka Teori.....41

Gambar 3.1: Alur Pikir.....42

Gambar 4.1: Prosentase umur responden.....53

Gambar 4.2: Prosentase kadar Pb rambut 57

Gambar 4.3: Prosentase kadar Pb rambut pada petugas perempuan dan petugas laki-laki 58

Gambar 4.4: Prosentase Kadar Pb Rambut Berdasarkan Umur Petugas 59

Gambar 4.5: Prosentase Kadar Pb Rambut pada Masa Kerja Lama dan Masa Kerja Baru 60

Gambar 4.6: Prosentase Kadar Pb Rambut pada Petugas Merokok dan Tidak Merokok 61

Gambar 4.7: Prosentase Kadar Pb Rambut pada Petugas Tidak Menggunakan Masker dan Menggunakan Masker 62

Gambar 4.8: Prosentase Kadar Pb Rambut Pada Petugas dengan Jarak Rumah Dekat dan Jauh 63

Gambar 4.9: Prosentase Kadar Pb Rambut Pada Petugas dengan Lingkungan Industri dan Lingkungan Perumahan 64

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1: Surat Tugas Pembimbing 86

Lampiran 2: Surat Izin Penelitian dari Fakultas Ilmu Keolahragaan, UNNES87

Lampiran 3: Surat Izin dari Kesbangpolinmas.....88

Lampiran 4: Salinan *Ethical Clearance*.....90

Lampiran 5: Surat Bukti Pelaksanaan Penelitian.....91

Lampiran 6: Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana.....93

Lampiran 7: Instrumen Penelitian.....94

Lampiran 8: Data Mentah Hasil Penelitian.....96

Lampiran 9: Hasil Uji Statistik 98

Lampiran 10: Dokumentasi Penelitian.....111

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 LATAR BELAKANG MASALAH

Pencemaran udara merupakan masalah utama kesehatan lingkungan, terutama pencemaran udara outdoor. Pada tahun 2012, WHO menperkirakan 3 juta kematian terjadi akibat pencemaran udara ambien. Sekitar 87% dari 3 juta kematian, terjadi pada negara yang memiliki pendapatan rendah dan menengah, yang mewakili 82% populasi dunia. Hampir 94% kematian pada orang dewasa yang berumur ≥25 tahun di seluruh dunia disebabkan oleh penyakit tidak menular yang diakibatkan oleh pencemaran udara ambien. Sebesar 72% kematian yang disebabkan oleh penyakit kardiovaskuler yaitu 36% stroke (1.082.750 kematian) dan 36% penyakit jantung iskemik (1.078.800 kematian); 8% penyakit paru obstruktif kronis (242.250 kematian); dan 14% kanker paru-paru (402.350 kematian). Sisanya sebesar 6% (169.250 kematian), terjadi pada anak-anak usia dibawah 5 tahun yang disebabkan oleh ISPA. Anak-anak berisiko karena ketidakmatangan sistem organ pernapasannya (WHO, 2016).

Sekitar lebih dari 70% pencemaran udara yang ada di Indonesia disebabkan oleh hasil emisi kendaraan bermotor. Pada tahun 2015, tercatat di BPS jumlah kendaraan bermotor (mobil penumpang, mobil bis, mobil barang, dan sepeda motor) mencapai 121.394.185 unit. Jumlah kendaraan bermotor meningkat setiap tahunnya, dari data Kepolisian Republik Indonesia menunjukkan perkembangan jumlah kendaraan bermotor tahun 2012 – 2016 mengalami

pertumbuhan 8,19% per tahun. Jenis kendaraan bermotor yang mengalami kenaikan cukup tinggi yaitu mobil penumpang 8,73% per tahun dan sepeda motor 8,32% pertahun, diikuti oleh mobil barang 7,52% per tahun dan bis 2,26% per tahun. Sedangkan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Pulau Jawa mencapai 9,28% per tahunnya (BPS, 2017).

Emisi kendaraan bermotor mengandung zat-zat yang berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan manusia maupun lingkungan. Zat berbahaya yang terkandung diantaranya timbal atau timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), oksida nitrogen (NO_x), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (O_x). Dalam hal pencemaran udara, kendaraan bermotor menyumbang hampir 100% timbal, 13 – 44% *suspended particulate matter* (SPM), 71 – 89% hidrokarbon, 34 – 73% NO_x, dan hampir seluruh karbon monoksida ke udara (Lingkungan Hidup, 2017). Pb merupakan salah satu bahan aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor yaitu jenis bensin (Palar, 2004). Di Kota Semarang, kendaraan angkot (90,4% dari 198 unit) dan taksi (99,3% dari 150 unit) masih menggunakan bensin, sedangkan untuk kendaraan bus (99% dari 100 unit) menggunakan solar dalam operasionalnya (Chaerunnnisa, 2017). Walaupun pemerintah telah mengeluarkan program Penghapusan Bensin Bertimbal, ternyata masih ditemukan konsentrasi Pb pada $PM_{2,5}$ dalam udara ambien di Kota Semarang berkisar antara 2,24 – 61,95 ng/m^3 (Mukhtar, 2013).

Sebelumnya banyak penelitian yang membahas tentang timbal dan bahayanya serta efeknya terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan.

Peningkatan jumlah timbal (Pb) di udara tentunya seiring dengan pertambahan jumlah kendaraan bermotor, dari emisi kendaraan bermotor inilah sebagian besar Pb di udara berasal. Adapun kadar Pb udara tertinggi di Kota Semarang yaitu di perempatan Bangkong sebesar 2,41 µg/Nm^3, dengan kondisi arus lalu lintas yang padat didominasi kendaraan pribadi dan kendaraan umum, sedangkan kadar Pn udara terendah ditemukan di Kompleks Akpol sebesar 0,86 µg/Nm^3 dengan kondisi lapangan sebaliknya (Sunoko, 2011). Akumulasi timbal dalam tubuh dapat diukur melalui darah, rambut, dan urin. Timbal (Pb) pada rambut terikat oleh gugus sulfihidril sehingga rambut dapat digunakan sebagai indikator pencemaran timbal pada manusia. Oleh karena itu, rambut dapat menjadi indikator yang mudah untuk menganalisis pencemaran timbal (Pb) yang sudah kronis.

Para peneliti terdahulu menggunakan spesimen rambut untuk memperkirakan seberapa besar tingkat pemajanan atau kandungan timbal dalam tubuh manusia. Penelitian kualitatif pada sopir angkot menunjukkan adanya akumulasi Pb pada rambut yang disebabkan oleh kontak langsung dengan polusi udara yang mengandung Pb dari gas buang kendaraan bermotor (Anggraini, 2012). Pada penelitian ini faktor yang akan diteliti yaitu umur, jenis kelamin, masa kerja, penggunaan masker, kebiasaan merokok, jarak tempat tinggal, dan lingkungan tempat tinggal. Putra dkk (2015) melakukan penelitian pada polisi lalu lintas di Kota Pekanbaru dan Kota Bengkalis, terdapat perbedaan yang signifikan yaitu rata-rata antara kadar timbal dalam tubuh lebih banyak terkandung pada

rambut dibandingkan kadar timbal dalam kuku polisi lalu lintas dengan masa kerja >5 tahun.

Parinding dkk (2015) juga menyatakan bahwa terdapat hubungan antara kadar timbal dengan kelelahan kerja pada tukang ojek di Kecamatan Taamalanrea Kota Makasar, dimana variabel kelelahan kerja dipengaruhi oleh variabel umur. Faktor lain seperti kebiasaan merokok, frekuensi keramas 3 kali dalam sehari (5,9%), serta tidak menggunakan masker ketika bekerja terbukti dapat berpotensi meningkatkan kadar timbal dalam darah (Laila, 2012).

Penelitian oleh Rita Mehra dan Amir Singh Thakur (2012) membuktikan bahwa terdapat korelasi positif antara Mn/Cd, Mn/Pb, Mn/Fe, Cd/Pb, Cd/Fe dan Pb/Fe dalam rambut kelompok yang terkena pajanan (pekerja pada unit *finishing* dan daur ulang logam), dan Mn/Zn, Mn/Cd, Mn/Pb, Zn/Cd, Zn/Pb, Cd/Pb dan Cd/Fe dalam rambut Kelompok Kontrol A (staf kantor dari unit yang sama). Sebelumnya Pirsaraei (2007) juga telah membuktikan rata-rata konsentrasi timbal rambut pada pekerja industri pemurnian timah hitam yang merupakan kelompok kasus memiliki kadar lebih dari batas normal yang ditemukan pada manusia (0-30µg/gram), dan rata-rata konsentrasi timbal dalam rambut pada warga yang menggunakan bensin untuk kendaraannya secara statistik juga lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menggunakan bahan bakar. Timbal juga ditemukan pada rambut pekerja bengkel tambal ban yang bekerja di sepanjang Jalan Soekarno – Hatta Kota Bandar Lampung, dengan kadar tertinggi 4,813 ppm pada pekerja dengan lama kerja 3 tahun, selain karena waktu bekerja lebih cukup

lama juga disebabkan lebih banyak kendaraan yang berhenti pada lokasi tersebut (Samsuar, 2017).

Salah satu pihak yang bertugas membuat kebijakan tentang sistem transportasi adalah Dinas Perhubungan. Salah satu kebijakan yang dikeluarkan Dinas Perhubungan yaitu uji KIR kendaraan bermotor wajib uji yang dilakukan secara periodik setiap 6 bulan sekali. Sesuai dengan Peraturan Menteri No. 133 tahun 2015 tentang Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor, kendaraan bermotor wajib uji yang dimaksud meliputi, kendaraan barang, angkutan umum, kendaraan penumpang, kendaraan barang, kereta gandeng, dan kereta tempel. Terdapat 2 tahap dalam uji KIR, yaitu tahap administrasi dan tahap uji laik jalan (pengujian teknis). Saat pengujian teknis kendaraan bermotor, mulai masuk hingga keluar gedung pengujian kendaraan bermotor dalam keadaan mesin hidup, dan setiap kedaraan diuji dengan alokasi waktu pengujian 25 menit. Gedung pengujian kendaraan bermotor ini dilengkapi ventilasi di dinding, dan memiliki pintu yang lebar sebagai jalur masuk – keluar kendaraan.

Sesi pengujian kendaraan bermotor wajib uji di Dishub Kota Semarang dilakukan setiap hari kerja yaitu hari senin – jumat, dengan jumlah pengujian berkisar antara 250 – 300 kendaraan setiap harinya. Hari senin dan kamis biasanya menjadi hari dengan antrean kendaraan bermotor wajib uji terpadat. Data pencatatan di Dishub Kota Semarang menunjukkan jumlah kendaraan yang di uji di Tahun 2017 (Januari – Oktober) yaitu 58920 kendaraan, dengan rasio terbanyak (45,85%) adalah kendaraan *pick up* yang berbahan bakar bensin. Menurut Kepala Sie Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kota Semarang, belum

pernah diadakan pemeriksaan kualitas udara di dalam ruang pengujian kendaraan bermotor. Maka dilakukan pengambilan sampel udara di Gedung Uji KIR Dishub Kota Semarang, dan didapatkan kadar Timbal (Pb) Udara sebesar 0,0003 mg/m^3, kadar ini masih dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes No. 70 Tahun 2016 yaitu 0,05 mg/m^3.

Pada studi awal di Dishub Kota Semarang juga dilakukan pemeriksaan sampel rambut pada 2 orang petugas teknis uji KIR, dan didapatkan kadar Pb rambut sebesar 4,610 µg/gram dan 7,408 µg/gram. Salah satu kadar Pb rambut yang diperiksa melebihi batas normal yaitu 5 µg/gram menurut Mayo Clinic. Sejalan dengan penelitian di TPS Mulyorejo Surabaya, walaupun kadar timbal di udara masih di bawah baku mutu yaitu 0,0001 mg/Nm^3, namun masih ditemukan Pb di rambut petugas pengangkut sampah (Tirtaadi, 2014). Temuan ini menunjukkan kalau petugas teknis uji KIR sudah terpapar dalam jangka waktu yang lama. Kadar Timbal (Pb) dalam rambut ini diduga berasal dari faktor lain selain faktor udara. Pemajanan timbal dengan konsentrasi tinggi pada rambut dan kulit dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Timbal tentunya dapat menjadi penyebab kerontokan rambut, namun pada kondisi yang serius seperti kanker, tekanan darah tinggi, dan penyakit ginjal (Watson, 2016).

Hasil dari selama observasi awal, petugas pengujian tidak ada yang memakai APD (Alat Pelindung Diri) berupa masker. Menurut Penguji Tingkat II masker telah disediakan dari pihak kedinasan, namun kembali lagi ke masalah personal. Para petugas merasa kurang nyaman saat bekerja ketika memakai masker. Apabila setiap hari beraktivitas di dalam ruangan yang terpapar oleh Pb

dan tidak menggunakan masker sebagai APD, tentunya menimbulkan efek negatif pada kesehatan petugas. Saat dikonfirmasi sebagian banyak petugas teknis memiliki keluhan kesehatan, seperti sakit kepala dan susah tidur (insomnia). Selain itu, para petugas juga tidak memeriksakan kesehatannya secara berkala. Dari latar belakang di atas maka perlu dilakukan penelitian kadar timbal dalam rambut dan faktor yang berpotensi memberi kontribusi kadar timbal dalam rambut petugas teknis uji KIR Dishub Kota Semarang. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi dan meningkatkan kesadaran petugas teknis Uji KIR terhadap kesehatan.

1. 2 RUMUSAN MASALAH

Salah satu kebijakan yang dikeluarkan Dinas Perhubungan yaitu uji KIR kendaraan bermotor wajib uji yang dilakukan secara periodik setiap 6 bulan sekali. Sesi pengujian kendaraan bermotor wajib uji di Dishub Kota Semarang dilakukan setiap hari kerja yaitu hari senin – jumat. Hari senin dan kamis biasanya menjadi hari dengan antrean kendaraan bermotor wajib uji terpadat. Menurut Kepala Sie Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kota Semarang, belum pernah diadakan pemeriksaan kualitas udara di dalam ruang pengujian kendaraan bermotor. Oleh karena itu dilakukan pengambilan sampel udara di Gedung Uji KIR Dishub Kota Semarang, dan didapatkan kadar Timbal (Pb) Udara sebesar 0,0003 mg/m^3, kadar ini masih dibawah baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes No. 70 Tahun 2016 yaitu 0,05 mg/m^3. Pada studi awal di Dishub Kota Semarang dilakukan pemeriksaan sampel rambut pada 2 petugas teknis uji KIR, dan didapatkan kadar Pb sampel rambut sebesar 4,610 µg/gram

dan 7,408 µg/gram. Salah satu kadar Pb rambut yang diperiksa melebihi batas normal yaitu 5 µg/gram menurut Mayo Clinic.

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1.2.1 Rumusan Masalah Umum

Bagaimana Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Kontribusi Kadar Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?

1.2.2 Rumusan Masalah Khusus

1. Bagaimana gambaran kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
2. Bagaimana gambaran faktor potensi (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan penggunaan masker, kebiasaan merokok, jarak tempat tinggal, lingkungan tempat tinggal)?
3. Bagaimana kontribusi faktor umur pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
4. Bagaimana kontribusi faktor jenis kelamin pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
5. Bagaimana kontribusi faktor masa kerja pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
6. Bagaimana kontribusi faktor kebiasaan menggunakan masker pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?

7. Bagaimana kontribusi faktor kebiasaan merokok pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
8. Bagaimana kontribusi faktor jarak tempat tinggal pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?
9. Bagaimana kontribusi faktor lingkungan tempat tinggal pada kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018?

1. 3 TUJUAN PENELITIAN

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini yaitu untuk mengetahui Gambaran Faktor yang Berpotensi Memberi Konstribusi Kadar Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui gambaran kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018.
2. Mengetahui gambaran faktor potensi (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan penggunaan masker, kebiasaan merokok, jarak tempat tinggal, lingkungan tempat tinggal).
3. Mengetahui faktor potensi yang memberi kontribusi kadar timbal (Pb) pada rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018.

1. 4 MANFAAT HASIL PENELITIAN

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Memberikan informasi kesehatan petugas teknis uji KIR dan informasi kualitas udara di dalam ruang uji KIR, sebagai upaya untuk meningkatkan kesadaran petugas teknis terhadap penggunaan APD (Alat Pelindung Diri) terutama masker ketika sedang bekerja.
2. Dapat memberikan kesadaran diri terhadap bahaya atau gangguan yang dapat ditimbulkan oleh timbal (Pb), sehingga sasaran penelitian lebih menjaga kesehatan dan menghindari kebiasaan atau faktor yang dapat meningkatkan akumulasi timbal dalam tubuh.
3. Memberikan informasi bagi peneliti selanjutnya untuk mengembangkan penelitian yang lebih mendalam.

1. 5 KEASLIAN PENELITIAN

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

No	Peneliti	Judul	Rancangan Penelitian	Variabel	Hasil Penelitian
1	Wahyu Hardinsyah Putra, Bintal Amin, Sofia Anita	Kadar Timbal (Pb) Pada Rambut dan Kuku Polisi Lalu Lintas di Kota Pekanbaru dan Kota Bengkalis	Metode Survey	Kadar timbal (Pb) pada rambut dan kuku, dan masa kerja	Kadar timbal pada rambut dan kuku polisi lalu lintas di Pekanbaru dan Bengkalis secara berturut-turut sama-sama menunjukkan dalam kontaminasi kategori menengah dan rendah. Hubungan kadar timbal pada rambut dengan masa kerja pada kedua lokasi didapatkan bahwa yang bekerja >5 tahun memiliki kadar timbal lebih tinggi. Rata-rata kadar timbal pada rambut (17,56 ppm) lebih tinggi dari pada dalam kuku (2,33 ppm).
2	Herlisa Anggraini, Endang Triwahyuni Maharani	Paparan Timbal (Pb) pada Rambut Sopir Angkot Rute Johar-Kedungmundu	Deskriptif kualitatif	Rambut sopir angkot	Jumlah terendah ditemukan pada sopir yang bekerja selama 5 tahun. Jumlah tertinggi ditemukan pada sopir bekerja 15 tahun.
3	Rita Mehra, Amit Singh Thakur	Relationship between Lead, Cadmium, Zinc, Manganese and Iron In Hair Of Environmentally Exposed Subjects	Case Control	Rambut kelompok yang terpajan (pekerja unit *metal finishing* dan *metal recycling*), kelompok kontrol A (staf kantor dari unit yang sama dengan kelompok terpajan),	Terdapat korelasi positif antara Mn/Cd, Mn/Pb, Mn/Fe, Cd/Pb, Cd/Fe dan Pb/Fe dalam rambut kelompok yang terkena pajanan (pekerja pada unit *finishing* dan daur ulang logam), dan Mn/Zn, Mn/Cd, Mn/Pb, Zn/Cd, Zn/Pb, Cd/Pb dan Cd/Fe dalam rambut Kelompok Kontrol A (staf kantor dari unit yang sama) dan Mn/Cd pada rambut

				dan kelompok kontrol B (pekerja yang tidak terpajan)	Kelompok Kontrol B
4	Samsuar, M. Kanedi, Sherly Pebrice, Widhalita Ari P	Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Rambut Pekerja Bengkel Tambal Ban dan Ikan Mas di Sepanjang Jalan Soekarno – Hatta Bandar Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom	Deskriptif analitik kuantitatif	Rambut pekerja bengkel tambal ban dan ikan mas	Pekerja tambal ban positif tercemar timbal, dengan kadar tertinggi 4,813 ppm sedangkan kadar terendah 0,258 ppm. Pada insang dan daging ikan kadar tertinggi 0,15878 dan 0,1160 ppm, sedangkan kadar terendah 0,11636 dan 0,0539 ppm.

Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian yang terdahulu yaitu:

1. Variabel yang diteliti: Kadar Pb Rambut dan faktor potensi (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal ke tempat kerja dan lingkungan tempat tinggal) Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang.
2. Lokasi atau tempat penelitian: Gedung Uji KIR Dishub Kota Semarang.
3. Waktu penelitian: Desember 2018 – Januari 2019.

1.6 RUANG LINGKUP PENELITIAN

1.6.1 Ruang Lingkup Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di area Gedung Uji KIR Dishub Kota Semarang.

1.6.2 Ruang Lingkup Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2018 hingga Januari 2019.

1.6.3 Ruang Lingkup Keilmuan

Penelitian ini merupakan penelitian Ilmu Kesehatan Masyarakat pada bidang Kesehatan Lingkungan. Masalah ini dibatasi dengan faktor yang berpotensi memberi kontribusi kadar timbal (Pb) dalam rambut Petugas Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 LANDASAN TEORI

2.1.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya zat atau komponen lain kedalam udara baik disengaja maupun secara alami yang dapat menurunkan kualitas udara, dan hal ini dapat menyebabkan gangguan dan kerugian bagi makhluk hidup maupun lingkungan disekitarnya (Mackenzie, 2016). Pencemaran udara berasal dari faktor internal (alamiah) dan faktor eksternal (kegiatan manusia), saat ini sumber pencemaran dari kegiatan manusia lebih dominan dari pada sumber alami (Arifin & Sukoco, 2009; Wardhana, 1994).

2.1.1.1 Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor

Pada umumnya, gas buang terdiri dari gas buang tidak beracun yaitu N_2 (Nitrogen), CO_2 (Karbon dioksida), dan H_2O (uap air); dan sebagian kecil gas beracun seperti NO_x, HC, dan CO (Arifin & Sukoco, 2009). Bahan pencemar yang terutama terdapat di dalam gas buang kendaraan bermotor yaitu karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (NOx), dan sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbal (Pb). Lalu lintas kendaraan bermotor juga dapat meningkatkan kadar partikulat debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban dan rem (Tugaswati, n.d.).

2.1.1.2 Timbal dalam bahan bakar kendaraan bermotor

Timbal ditambahkan sebagai bahan aditif ke dalam bensin dalam bentuk timbal organik (tetraetil-Pb atau tetrametil-Pb). Penambahan ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai oktan bahan bakar (Tugaswati, n.d.; Arifin & Sukoco, 2009) .Pada pembakaran bensin, timbal organik berubah menjadi timbal anorganik. Timbal yang dikeluarkan dalam gas buang kendaraan bermotor merupakan partikel-partikel yang berukuran kira-kira 0,01 µm (Tugaswati, n.d). Kendaraan bermotor ada 2 jenis, yaitu motor bensin dan motor diesel.

Gas buang ini memiliki sifat berbau dan berwarna hitam pekat. Sumber penyebabnya terutama dari kendaraan motor (diesel) sebanyak 50%, sedangkan 50% sisanya berasal dari pabrik, generator, dan pemanas (Arifin & Sukoco, 2009).

2.1.2 Timbal (Pb)

Timbal dikenal juga dengan timah hitam, dan memiliki nama ilmiah *plumbum* dengan simbol Pb. Dalam Tabel Periodik Unsur (TPU) Kimia, timbal termasuk logam golongan IV – A yang memiliki nomor atom (NA) 82 dan berat atom (BA) 207,2. Logam ini berbentuk padat halus dan berwarna biru kecoklatan. Sumber pencemarannya dapat berasal dari emisi kendaraan bermotor, bahan dasar cat, dan pembakaran batu bara. Timbal ini memiliki beberapa sifat khusus, yaitu (Palar, 2004; Kemenkes RI, 2012; Widowati et al., 2008):

1. Timbal merupakan logam yang bersifat lunak yang dapat dipotong langsung menggunakan pisau ataupun tangan serta mudah untuk dibentuk.

2. Mimiliki sifat kimia yang aktif yang menjadikan logam ini banyak dipergunakan untuk bahan pelapis sehingga tahan terhadap korosi atau perkaratan.
3. Memiliki titik lebur yang rendah, yaitu 327,5 ^{0}C.
4. Memiliki kerapatan lebih besar dibandingkan logam biasa, kecuali emas dan merkuri.
5. Bukan penghantar listrik yang baik.
6. Dapat menguap dan bereaksi dengan oksigen di udara.

2.1.3 Sumber dan Kegunaan Timbal

2.1.3.1 Sumber Timbal

Timbal (Pb) berasal dari:

1. Alamiah

Timbal di alam dapat terkandung dalam air, makanan, tanah dan udara. Timbal secara alamiah terdapat di dalam kerak bumi. Timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murni, persenyawaan bijih logam Pb ditemukan dalam bentuk *galena* (PbS), *anglesit* ($PbSO_4$) serta dalam bentuk *minim* (Pb_3O_4). Bijih logam Pb ini kemudian bergabung dengan logam-logam lain seperti perak (*argentum-Ag*), seng (*zincum-Zn*), arsen (*arsenicum-Ar*), stibi (*stibium-Sb*), dan bismut (*bismuth-Bi*) (Palar, 2004). Bijih logam Pb awalnya diperoleh dari hasil penambangan yang mengandung 3 – 10% Pb, yang kemudian dipekatkan lagi hingga 40% sampai memperoleh logam timbal murni (Widowati et al., 2008). Kadar timbal dari sumber alamiah sangat rendah apabila dibandingkan dengan timbal yang berasal dari pembuangan gas kendaraan bermotor (Palar, 2004).

2. Antropogenik (Kegiatan Manusia)

Sumber utama pencemaran Pb berasal dari sektor manufaktur atau bangunan, transportasi dan komunikasi (Widowati et al., 2008). Sumber-sumber lain timbal (Pb) diantaranya dari pembakaran batu bara, asap pabrik yang mengolah timbal alkil, timbal oksida, peleburan bijih timbal dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor, karena senyawa timbal alkil dalam bahan bakar tersebut sangat mudah menguap. Timbal (Pb) yang terkandung di udara berasal dari hasil pembakaran bensin reguler dan premium yang tidak sempurna. Rata-rata 70-80% Pb dalam bensin dikeluarkan dari knalpot mobil sebagai partikulat (Riyadina, 1997). Keberadaan pipa air bertimbal di perumahan tua terutama yang menggunakan air lunak juga sumber penting paparan timbal pada manusia. Selain itu, penggunaan cat yang mengandung timbal dapat menambah sumber paparan, seperti halnya penggunaan solder timah hitam, lapisan keramik, kosmetik, dan obat tradisional (WHO, 2001).

2.1.3.2 Kegunaan Timbal

Timbal dapat berupa dalam 2 bentuk yaitu anorganik dan organik. Timbal anorganik dapat digunakan untuk industri baterai, cat, percetakan, gelas, polivinyl, plastik, pelapis kabel dan mainan anak-anak. Sedangkan dalam bentuk organik timbal digunakan untuk industri perminyakan, persenyawaannya berupa *lead alkyl compuond*, yaitu TML (*tetra methil lead*) dan TEL (*tetra ethyl lead*) (KPBB, 1999).

Timbal dan persenyawaannya digunakan di berbagai bidang industri. Berikut ini adalah beberapa bentuk dari persenyawaan Pb dengan unsur lain :

Tabel 2.1 Bentuk Persenyawaan Pb dan Kegunaannya

Bentuk Persenyawaan	Kegunaan
Pb + Sb	Kabel telepon
Pb + As + Sn + Bi	Kabel listrik
Pb + Ni	Senyawa azida untuk bahan peledak
Pb + Cr + Mo + Cl	Untuk pewarnaan pada cat
Pb – asetat	Pengkilapan keramik Bahan anti api
Pb + Te	Pembangkit listrik tenaga panas
Tetrametil – Pb Tetraetil – Pb	Aditif untuk bahan bakar kendaraan bermotor

Sumber: Palar (2004)

Timbal (Pb) dalam bentuk apapun baik logam maupun garam tetap beracun. Garam Pb yang beracun yaitu timbal karbonat (timbal putih), timbal tetraoksida (timbal merah), timbal monoksida, timbal sulfida, timbal asetat. Timbal asetat ini merupakan penyebab keracunan yang paling sering terjadi.

Faktor risiko toksisitas timbal juga dapat berasal dari pelapis keramik, rokok, tinta, kaleng makanan yang disolder menggunakan timbal, semir rambut, pabrik cat, cat bertimbal atau debu dari cat tersebut, pipa air bertimbal, bensin bertimbal, pabrik aki atau baterai, industri peleburan tambang, residu pestisida, air yang terkontaminasi timbal dari aktivitas industri, limbah (Barbara et al., 2017; ARL, 2012).

2.1.4 Metabolisme Timbal dalam Tubuh Manusia

2.1.3.1 Absorbsi

Absorbsi timbal tergantung pada kondisi fisika dan kimia logam tersebut, serta dipengaruhi oleh faktor umur, keadaan fisiologi, gizi, dan genetik seseorang (PHE, 2017). Sekitar 40% timbal diserap tubuh melalui saluran pernapasan dengan cara dihirup, dan kurang lebih 5 – 10% senyawa Pb yang masuk kedalam

tubuh di absorbsi oleh saluran gastrointestinal (Riyadina, 1997). Semakin kecil partikel maka semakin mudah timbal diserap. Hampir 100% timbal yang dihirup dalam bentuk uap atau asap secara langsung terserap kedalam paru-paru. Partikel Pb yang berukuran kurang dari 10 µm dapat tertahan di paru-paru, sedangkan partikel yang berukuran lebih besar tersimpan pada saluran pernapasan bagian atas (Holstege, 2015; Ardyanto, 2005). Semua partikel timbal yang dikeluarkan dari paru-paru dapat tertelan dan menyebabkan penyerapan timbal lebih lanjut di saluran pencernaan. Absorbsi melalui saluran pernapasan dipengaruhi oleh ukuran partikel dan tingkat ventilasi. Pada orang dewasa, tingkat retensi dari partikulat di udara berkisar antara 20 – 60% (WHO, 2001).

Proporsi timbal yang terserap melalui saluran pencernaan pada orang dewasa kira-kira 10%. Daya larut air dari berbagai garam timbal merupakan penentu dari penyerapan timbal di saluran pencernaan karena bioavailabilitasnya. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam memperkirakan asupan langsung Pb dari tanah pada anak-anak, dengan mempertimbangkan pH dari saluran pencernaan (WHO, 2001). Absorbsi timbal menyebabkan defisiensi Fe, Zn, dan Ca. Penyerapan timbal dalam tubuh juga dipengaruhi oleh mal nutrisi, konsumsi fosfor, riboflavin, vitamin C dan E dapat mengurangi penyerapan timbal. (Holstege, 2015).

Timbal juga dapat diserap oleh kulit meskipun dalam jumlah terbatas (kurang dari 1%), khususnya timbal organik seperti tetra etil – Pb (Holstege, 2015). Timbal organik ini merupakan bahan aditif yang dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor untuk menambah nilai bilangan oktan. Timbal

organik dapat diserap melalui kulit karena senyawa tersebut dapat larut dalam minyak dan lemak. Tetraetil – Pb terurai dengan cepat di udara karena adanya sinar matahari membentuk trietil – Pb, dietil – Pb, dan monoetil – Pb, dimana senyawa uraian ini sulit larut dalam minyak namun larut dengan baik dalam air. Dalam keadaan kering, senyawa-senyawa ini dapat terurai dalam udara, sehingga terhirup melalui saluran pernapasan, dan sebagian menumpuk di kulit (Palar, 2004).

Penyerapan timbal melalui kulit selama penggunaan normal produk bertimbal diperkirakan 0,06%. Sebuah penelitian melaporkan peningkatan kadar timbal dalam air liur dan keringat mengikuti paparan timbal anorganik pada kulit, meskipun kadar dalam darah dan urin tidak berubah. Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa timbal anorganik yang diserap melalui kulit diangkut dalam plasma dan dengan cepat terkonsentrasi dalam keringat dan air liur tanpa diteruskan melalui eritrosit (PHE, 2017).

2.1.3.2 Distribusi dan Penyimpanan

Timbal yang tidak diekskresikan oleh tubuh akan didistribusikan ke darah, jaringan lunak (hati, ginjal, paru-paru,otak, limpa, otot, dan jantung), dan jaringan keras (tulang dan gigi). Setelah diserap oleh tubuh maka timbal akan masuk dalam darah tepatnya di sel darah merah. Timbal dalam darah ini didistribusikan ke berbagai organ dan jaringan di dalam tubuh, dimana di dalam jaringan lunak timbal ini memiliki paruh waktu kira-kira 40 hari (Holstege, 2015). Timbal (Pb) yang tersimpan di jaringan lunak ini bersisfat toksik (Ardyanto, 2005). Lebih dari 90% timbal (Pb) yang telah diserap oleh darah berikatan dengan eritrosit. Pb yang

masuk kedalam tubuh melalui makanan dan minuman juga ikut dalam proses metabolisme. Di dalam lambung, HCl memiliki kemampuan untuk menyerap logam Pb, walaupun kenyataannya Pb lebih banyak dikeluarkan bersama feses (Palar, 2004).

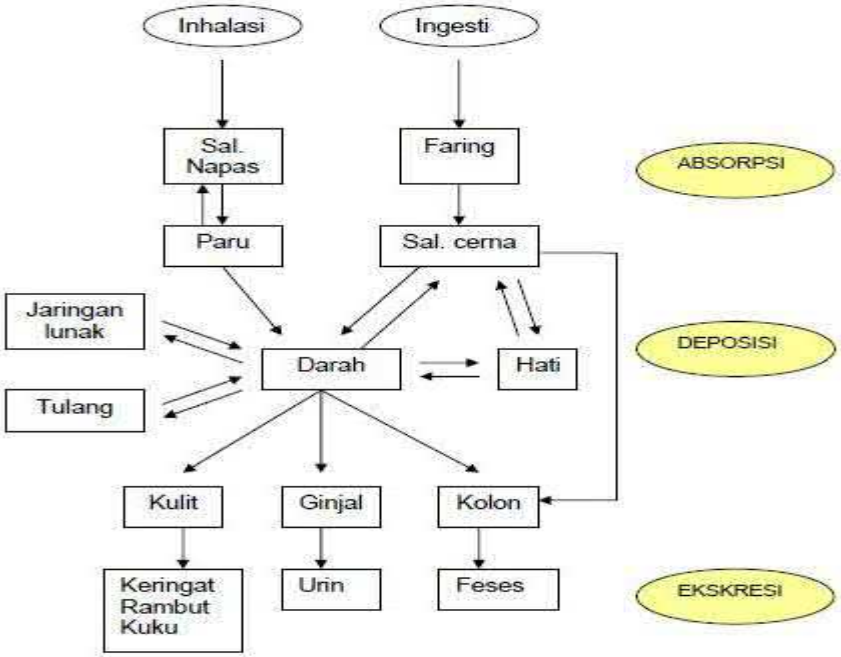
Timbal yang diserap akan diendapkan dalam tulang yang kemudian bergabung dengan matrik tulang yang mirip dengan Ca. Jumlah Pb dalam tulang ini akan meningkat bersamaan dengan waktu terpapar. Secara intraseluler, Pb terikat dengan gugus sulfihidril dan ikut berperan dalam sejumlah enzim, seperti dalam sintesis *heme*. Ikatan ini juga terdapat pada keberadaan Pb dalam rambut dan kuku. Timbal (Pb) juga terikat pada membran mitokondria dan bergabung dengan protein dan kemudian berperan dalam sisteis asam nukleat (Riyadina, 1997). Disamping itu, pada ibu hamil Pb yang diserap tubuh dapat melewati plasenta dan masuk ke peredaran darah janin. Setelah bayi lahir, Pb tersebut dikeluarkan bersama air susu ibu (Palar, 2004).

2.1.3.3 Ekskresi

Timbal yang masuk ke dalam tubuh akan di buang melalui urin, rambut keringat, kuku, dan feses. Sebagian besar timbal (Pb) yang diserap tubuh dikeluarkan melalui urin sebanyak 75 – 80% dan melalui feses sebanyak 15%, sedangkan sisanya diekskresikan melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku (Ardyanto, 2005). Ekskresi timbal ini presentasi dan waktunya dipengaruhi oleh banyak faktor (Holstege, 2015). Selain itu, timbal (Pb) juga diekskresikan melalui pengelupasan kulit epidermis, dimana senyawa alkil Pb yang tidak dapat larut dalam air akan diserap sampai kulit (Riyadina, 1997).

Ekskresi Pb dalam tubuh pada umumnya berlangsung sangat lambat, dimana waktu paruh di dalam darah kurang lebih 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari, sedangkan pada tulang 25 tahun. Menurut Nordberg (1998) dalam Ardyanto (2005), hal tersebutlah yang membuat timbal (Pb) mudah untuk terakumulasi dalam tubuh, baik pada pajanan okupasional maupun non okupasional.

2.1.3.4 Perjalanan timbal dari luar tubuh hingga ke dalam rambut



Gambar 2.1 Metabolisme Timbal (Pb) dalam Tubuh Manusia
Sumber: Saryan (1994) dalam Suciani (2007)

Ada 4 rute masuk dan penyerapan timbal ke dalam tubuh, yaitu melalui saluran pernapasan, saluran pencernaan, kulit, dan plasenta. Timbal yang berada dalam udara dapat berbentuk uap (molekul bebas) dan aerosol (debu, asap, dan kabut). Uap timbal berada di udara dalam waktu yang sangat singkat, sehingga uap Pb ini tidak mempengaruhi risiko penyerapan timbal melalui inhalasi. Masuknya timbal melalui saluran pencernaan ini berasal dari makanan (sayuran,

sereal, akar, umbi, dan buah-buahan), minuman, benda-benda non makanan, dan menelan sekresi bronkia (Castellino et al., 1995).

Setelah diabsorbsi, timbal didistribusikan ke jaringan lunak seperti otak, paru, hati, limpa, dan sumsum tulang sebagai timbal difosfat, kemudian mengalami redistribusi dan disimpan sebagai timbal trifosfat yang sukar sekali larut. Timbal disimpan dan dimobilisasi dari tulang sama seperti kalsium. Timbal diekskresi bersama urin, feses, dan keringat (sedikit).

Timbal yang ditemukan dalam rambut dipengaruhi oleh faktor internal, semi-eksternal, dan eksternal. Melalui faktor internal, timbal dibawa dari aliran darah melalui rambut yang tumbuh dalam folikel rambut, sedangkan pada faktor semi-eksternal timbal diserap oleh rambut melalui ekskresi kelenjar sebasea dan kelenjar keringat. Pengaruh dari faktor eksternal diduga didapatkan melalui kontaminasi pada lapisan rambut terluar dari udara, tanah, debu, sampo, pewarna rambut, dsb (Masci et al., 1995).

2.1.5 Pemajanan Timbal Melalui Air, Udara, Tanah, Makanan

Emisi Pb ke atmosfer dapat dalam bentuk gas maupun partikulat. Sebagian besar timbal yang berada di udara ambien berbentuk partikulat berukuran sub-mikron, dimana 30 – 50% partikel yang terhirup akan tersimpan di sistem pernapasan, partikel yang berukuran 1 – 3 µm akan tersimpan dalam paru-paru (WHO, 2001). Emisi Pb dalam bentuk gas terutama berasal dari gas buang kendaraan bermotor merupakan hasil samping dari pembakaran di dalam mesin kendaraan bermotor. Sumber lain yang menyebabkan Pb masuk ke udara antara lain pembakaran batu bara, asap pabrik yang mengolah senyawa alkil – Pb, Pb –

oksida, peleburan bijih Pb (Palar, 2004). Fraksi timbal organik (didominasi oleh Pb alkil yang keluar dari pembakaran) umumnya di bawah 10% dari keseluruhan Pb yang ada di atmosfer, sebagian besar (>90%) timbal berasal dari emisi bensin bertimbal yang menjadi partikel organik seperti PbBrCl. Di dekat area peleburan, distribusi ukuran partikelnya menunjukkan dominasi partikel yang lebih besar. Namun partikel ini menetap pada jarak beberapa meter atau 1 – 2 km (WHO, 2001).

Peningkatan kadar Pb di udara sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, kelembaban, dan arah angin. Selain itu kerapatan tanaman peneduh juga berpengaruh terhdap besarnya kadar Pb di udara. Jalanan yang rapat tanaman peneduh memiliki kadar Pb udara lebih rendah dibandingkan jalanan yang jarang tanaman peneduh. Faktor lain yang berpengaruh adalah jumlah kendaraan bermotor, dimana kadar Pb di udara lebih tinggi di jalanan dengan mobilitas kendaraan bermotor yang lebih tinggi (Fachrudi, 2013).

Secara alami timbal masuk ke badan air melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan dan juga dari proses korosi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Masuknya Pb ke dalam badan air juga dampak dari aktivitas manusia, seperti air buangan (limbah) industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai (Palar, 2004). Adanya kontaminasi logam berat di air laut sekitar Jakarta dan Dumai Riau berasal dari limbah, hal ini disebabkan oleh letak pantai yang berdekatan dengan daerah industri. Besarnya konsentrasi Pb dalam air laut tergantung jarak dengan daerah industri. Pencemaran ini berdampak pada

ekosistem air laut, terutama apabila masyarakat mengonsumsi hasil laut (ikan, udang, tiram) dapat memindahkan Pb kedalam tubuh (Suherni, 2010).

Tanaman menjadi media penyebaran logam berat pada makhluk hidup, dimana logam berat diserap melalui akar dan daun (stomata). Pencemaran logam berat pada tanah dan tanaman dapat berasal dari penggunaan pupuk, pestisida, pembuangan lumpur comberan, pencemaran udara, dll. Timbal yang sebagian besar terakumulasi dalam organ tanaman (daun, batang, akar, dan akar umbi-umbian) perpindahannya dari tanah ke tanaman dipengaruhi komposisi dan pH tanah, serta KTK (kemampuan tukar kation). Penggunaan tanaman seperti sayuran sebagai bahan pangan mengakibatkan logam berat yang terkandung dalam sayuran dapat berpindah ke tubuh makhluk hidup (Charlena, 2004).

Pajanan Pb lainnya dapat dikategorikan menjadi Pb dalam udara ambien maupun Pb yang bebas dalam udara ambien. Kategori sebelumnya mencakup konsentrasi timbal yang tinggi dalam debu dan tanah di daerah pemukiman dekat area peleburan atau kilang, kepadatan lalu lintas yang tinggi serta konsumsi sayuran dan buah-buahan yang tumbuh pada tanah dengan konsentrasi timbal yang tinggi atau di dekat sumber emisi timbal (area peleburan atau jalan dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi). Kategori yang terakhir meliputi pajanan di tempat kerja, pajanan sekunder pada anggota keluarga dari tempat kerja, kontaminasi debu di rumah dari cat yang mengandung timbal, kontaminasi air keran di rumah yang menggunakan pipa air bertimbal, penggunaan pengkilap gerabah yang salah, rokok tembakau, dan konsumsi alkohol (terutama anggur). Debu timbal *indoor* maupun *outdoor* merupakan sumber potensial asupan melalui

pencernaan, terutama pada anak-anak yang tinggal di daerah yang terkontaminasi, seperti daerah yang dekat dengan area peleburan dan pusat perkotaan (WHO, 2001).

2.1.6 Biomarker Pajanan Timbal

2.1.6.1 Rambut

Media lingkungan memiliki hubungan dengan bioindikator rambut, parameter lingkungan yang terbukti memiliki risiko yaitu makanan atau minuman, tanah, ikan, dan debu (Sukar & Suharjo, 2015). Kadar timbal dalam rambut dikatakan normal apabila kadarnya di bawah 5,0 µg/gram, apabila kadarnya telah melebihi 10,0 µg/gram maka menunjukkan terjadinya paparan timbal yang signifikan (Mayo Clinic, 2018). Uji kadar timbal dalam rambut ini diperlukan sebelum kadar timbal yang tinggi tampak (ARL, 2012). Pekerja yang terpapar di tempat kerja yang udaranya terkontaminasi timbal dapat meningkatkan kadar timbal dalam rambut. Penentuan kadar timbal dalam rambut dapat dipertimbangkan sebagai tes skrining untuk memperkirakan paparan di tempat kerja. Akumulasi timbal dalam rambut ini secara simultan diikuti dengan naiknya kadar timbal dalam darah (Pirsaraei, 2007).

Kecepatan rata-rata pertumbuhan rambut manusia hampir 1 cm/bulan, sehingga pengukuran kadar Pb dalam rambut ini dapat digunakan untuk mengetahui paparan logam beberapa bulan yang telah lalu. Waktu paruh timbal (Pb) dalam rambut diperkirakan antara 50 – 100 hari (Masci et al., 1995). Pemajanan timbal dengan konsentrasi tinggi pada rambut dan kulit dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Timbal tentunya dapat menjadi

penyebab kerontokan rambut, namun faktanya lebih berkontribusi pada hal yang lain, pada kondisi yang serius seperti kanker, tekanan darah tinggi, dan penyakit ginjal (Watson, 2016). Pekerja yang terkena pajanan timbal dengan dosis tinggi memiliki kandungan timbal dalam rambut yang korelasinya signifikan dengan timbal dalam darah (Tobin, 2005).

Timbal yang ditemukan dalam rambut dipengaruhi oleh faktor internal, semi-eksternal, dan eksternal. Melalui faktor internal, timbal dibawa dari aliran darah melalui rambut yang tumbuh dalam folikel rambut, sedangkan pada faktor semi-eksternal timbal diserap oleh rambut melalui ekskresi kelenjar sebasea dan kelenjar keringat. Pengaruh dari faktor eksternal diduga didapatkan melalui kontaminasi pada lapisan rambut terluar dari udara, tanah, debu, sampo, pewarna rambut, dsb (Masci et al., 1995).

2.1.6.2 Darah

Timbal darah tidak akurat untuk mendeteksi keracunan kronis, karena dalam 30 hari paparan, sebagian besar timbal pada darah diangkut dan disimpan di jaringan tubuh. Uji darah ini dapat mendeteksi jumlah tertentu dari keracunan timbal (ARL, 2012).

Tabel 2.2 Kategori Timbal (Pb) Dalam Darah Orang Dewasa

Kategori	µg Pb/100 ml Darah	Deskripsi
A (normal)	< 40	Tidak terkena paparan atau tingkat paparan normal
B (dapat ditoleransi)	40 – 80	Pertambahan penyerapan dari keadaan terpapar tetapi masih bisa ditoleransi
C (berlebih)	80 – 120	Kenaikan dari keterpaparan yang banyak dan mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan
D (bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat

				bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat

Sumber: Palar (2004)

Kadar timbal darah rendah, yaitu dibawah 10 µg/dL dapat menyebabkan efek neurologis yang permanen terhadap anak-anak, terutama gangguan perilaku (*attention deficit disorders*) dan menurunnya kemampuan kognitif. Dengan kadar yang lebih tinggi dapat mempengaruhi berbagai organ seperti akumulasi dalam jangka waktu panjang dan tersimpan di tulang dan gigi,dimana toksisitas di sumsum tulang ini memeperpendek umur sel daarah merah dan perkembangan anemia hipokromik mikrositik disertai basofilia pungtata; gangguan sistem saraf pusat seperti kesulitan untuk belajar dan berkonsentrasi; penurunan fungsi ginjal; dan gangguan sistem gastrointestinal seperti sakit pada bagian abdomen dan sembelit (Barbara et al., 2017).

Tabel 2.3 Efek Kesehatan pada Orang Dewasa yang Terpapar Timbal Menurut Kadar Timbal Darah (AOEC, 2007)

Kadar Timbal Darah (µg/dL)				
5-9	**10-19**	**20-39**	**40-79**	**≥80**
1. Kemungkinan timbul efek yang merugikan populasi yang disarankan oleh studi epidemiologi	1. Kemungkinan terjadi aborsi spontan 2. Berat badan lahir rendah 3. Kemungkinan perubahan tekanan darah 4. Kemungkinan disfungsi ginjal	1. Aborsi spontan 2. Berat badan lahir rendah 3. Kemungkinan perubahan tekanan darah 4. Kemungkinan disfungsi ginjal 5. Kemungkinan gejala non spesifik • Sakit kepala • Kelelahan • Gangguan tidur • Anoreksia • Konstipasi	1. Aborsi spontan 2. Berat badan lahir rendah 3. Gejala non spesifik 4. Gangguan SSP 5. Gangguan pada sperma • Jumlah menurun • Sperma abnormal 6. Neuropati perifer subklinis 7. Kemungkinan hipertensi 8. Kemungkinan	1. Aborsi spontan 2. Berat badan lahir rendah 3. Gejala non spesifik 4. Gangguan SSP 5. Gangguan pada sperma 6. Neuropati perifer 7. Hipertensi 8. Anemia 9. Kolik abdominal 10. Nefropati 11. Gout

	• Diare • Arthralgia • Myalgia • Menurunnya libido • *Mood swings*, perubahan perilaku 6. Kemungkinan gangguan SSP • Penurunan daya ingat dan konsentrasi	anemia 9. Kemungkinan kerusakan ginjal 10. Kemungkinan gout

Sumber : AOEC (2007)

2.1.6.3 Urin

Diagnosis untuk seseorang yang keracunan timbal dapat dilakukan melalui pemeriksaan urin, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah koproporfirin III dalam urin. Pemeriksaan ini dianjurkan untuk tes skrining pada keracunan timbal, ketika kadar timbal dalam urin melebihi 0,2 µg/L maka dianggap sudah cukup bermakna untuk diagnosis keracunan timbal.

2.1.7 Keracunan Timbal

Semua bentuk timbal (Pb) baik yang masih murni atau organik maupun anorganik memiliki pengaruh yang sama terhadap toksisitas manusia. Pengaruh toksisitas kronis adalah yang paling sering ditemui (Darmono, 2008). Jalur masuk timbal kedalam tubuh dapat melalui makanan dan minuman, udara yang dihirup, dan penetrasi pada selaput lendir maupun lapisan kulit (Palar, 2004). Paparan dari timbal dan garam timbal secara berulang-ulang dapat menunjukkan beragam tanda dan gejala klinis. Sistem organ yang paling terpengaruh yaitu sistem

gastrointestinal, sistem hematopoietik, sistem saraf, sistem neuromuskular, ginjal dan sistem kardiovaskular (Pounds, 1985).

Timbal ini merupakan logam toksik yang memiliki sifat kumulatif. Keracunan timbal pada orang dewasa lebih banyak didapatkan di tempat kerja. Indikasi gejala keracunan timbal ini berupa penderita terlihat pucat, sakit perut, konstipasi (sembelit), muntah, anemia, dan didapati garis biru tepat didaerah gusi di atas gigi. Ditemukan pula gejala kesulitan untuk mengingat (sistem memori sangat berkurang), konsentrasi menurun, kurang lancar berbicara, serta gejala saraf yang lain pada pemeriksaan psikologi dan neuropsikologi (Darmono, 2008). Beberapa tanda-tanda dan gejala yang sering nampak pada orang yang keracunan timbal (Pb) yaitu: (Pounds, 1985)

1. Melemahnya otot-otot.
2. Merasa lesu atau lemah.
3. Gangguan tidur (insomnia).
4. Anoreksia, berat badan menurun.
5. Muka pucat.
6. Anemia.
7. Kelumpuhan otot ekstensor pada pergelangan tangan (*wrist drop*).
8. Kolik.
9. Konstipasi.
10. *Lead line* pada gusi.
11. Sakit kepala.

12. Kehilangan ingatan.
13. Mudah marah.

2.1.7.1 Keracunan Akut

Timbal anorganik mengakibatkan kolik abdomen, konstipasi, hepatitis, pankreatitis, anemia haemolotik, ensefalopati (kejang-kejang, sakit kepala, oedema pupil, dll), gagal ginjal akut, insomnia. Pada keracunan akut ini dapat menyebabkan kematian karena peningkatan intrakranial (Kemenkes RI, 2012). Gejala keracunan akut mulai timbul setelah 30 menit meminum racun, dimana berat ringannya dipengaruhi oleh dosis yang dikonsumsi. Keracunan ini biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau inhalasi uap timbal. Keracunan sub akut juga dapat terjadi bila seseorang terpapar racun dalam dosis kecil namun secara terus menerus.

2.1.7.2 Keracunan Kronis

Keracunan timbal secara kronis lebih sering terjadi dibandingkan keracunan akut. Pada keracunan kronis, efek kesehatan yang ditimbulkan yaitu anemia hematologik, gangguan gasrointestinal, sistem saraf pusat, polineuropati (kelumpuhan saraf), nefropati, kelumpuhan, kelumpuhan saraf lengan, gangguan paru pekerja tambang. Gagal ginjal kronis dan ensefalopati dapat berakibat fatal dan neuropati perifer yang berat mengakibatkan kelumpuhan (paralisis) yang permanen. Pada orang dengan keracunan timbal yang kronis ditemukan *Lead Line* atau *Burton Line*, yaitu pigmentasi pada gusi yang berwarna biru keunguan (Kemenkes RI, 2012). Orang dewasa yang terpapar timbal secara kronis menunjukkan demielinasi saraf tepi (Barbara et al., 2017).

2.1.7.3 Efek Timbal dalam Tubuh Manusia

Dalam jumlah yang banyak, efeknya pada anak-anak timbal (Pb) dapat menyebabkan kerusakan otak dan ginjal, bahkan dalam jumlah yang sedikit timbal dapat menurunkan kecerdasan dan kemampuan belajar (Mackenzie, 2016).

1. Pengaruh Terhadap Sintesa Hemoglobin

Timbal dapat menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb), hal ini merupakan penyebab anemia. Keracunan yang terjadi akibat kontaminasi Pb dapat menimbulkan peningkatan kadar ALA (Amino Levulinic Acid) dalam darah dan urin; peningkatan kadar protoporpirin dalam sel darah merah; pendeknya umur sel darah merah; penurunan jumlah sel darah merah; penurunan kadar retikulosit; dan peningkatan kadar kandungan logam Fe dalam plasma darah (Palar, 2004).

2. Pengaruh Terhadap Sistem Saraf

Sistem saraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap toksisitas Pb, dimana pada sistem saraf timbal menyebabkan gangguan sistem saraf pusat dan tepi, yaitu gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer. Ensefalopati ini merupakan penyakit degeneratif otak pada anak-anak yaitu pembengkakan otak. Penyakit yang berhubungan dengan otak akibat toksisitas Pb antara lain epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar, dan *delirium* (sejenis penyakit gula) (Palar, 2004).

3. Pengaruh Terhadap Sistem Urinaria

Senyawa Pb yang terlarut dalam bawah ikut terbawa ke sistem urinaria sehingga dapat menyebabkan kerusakan ginjal. Timbal menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glukosuria, nefropati, fibrosis, dan atrofi glomerular

pada sistem ginjal. Aminoasiduria ini dapat normal kembali setelah selang waktu beberapa minggu, tetapi *intranuclear inclusion bodies* yang menjadi penyebab kerusakan ginjal butuh waktu bertahun-tahun untuk kembali normal (Palar, 2004).

4. Pengaruh Terhadap Sistem Reproduksi

Pada wanita timbal dapat menyebabkan kematian janin saat melahirkan atau kelahiran mati (*stillbirth*) dan aborsi spontan, sedangkan pada pria dapat menyebabkan hipospermi dan teratospermia, impotensi, menurunnya libido, tidak subur atau kemandulan.

5. Pengaruh Terhadap Sistem Endokrin

Paparan timbal dapat menyebabkan pengurangan pengeluaran steroid dalam urin; penurunan kecepatan pengeluaran aldosteron pada orang yang menurunkan konsumsi garam akibat keracunan Pb; penurunan fungsi tiroid (Palar, 2004).

6. Pengaruh Terhadap Jantung

Pada sistem kardiovaskuler timbal menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah.

7. Pengaruh Terhadap Psikologi

Pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh paparan timbal terhadap psikologi manusia yaitu gelisah, menurunnya konsentrasi, depresi, halusinasi, hiperkinesis, melemahnya daya ingat, kesehatan mental terhambat, *mood swings*, bermimpi buruk, perilaku gangguan jiwa dan *schizophrenia*.

2.1.8 Faktor-faktor yang Berpotensi Memberikan Kontribusi Timbal dalam Tubuh Manusia

Berikut ini adalah beberapa faktor yang diduga memberi kontribusi kadar timbal di dalam tubuh manusia :

1. Umur

Saat ini telah diketahui bahwa timbal merupakan logam beracun terutama bagi anak-anak, dimana yang berisiko adalah penduduk dari negara berkembang (Pruss-Ustun et al., n.d.). Namun tidak dapat dipungkiri orang dewasa juga berisiko terpapar timbal. Paparan timbal pada orang dewasa sebagian besar didapat di tempat kerja (OLPPP, 2009). Paparan timbal pada orang dewasa juga menyebabkan efek kesehatan yang berbahaya, karena selain melalui pekerjaan mereka juga dapat terpapar melalui aktivitas dan hobi tertentu yang berkaitan dengan timbal (ATSDR, 2016). Usia muda lebih peka terhadap aktivitas timbal, karena perkembangan organ dan fungsinya belum sempurna. Sedangkan pada usia tua memiliki tingkat kepekaan lebih tinggi dari orang dewasa karena menurunnya fungsi dan daya tahan organ. Semakin tua umur seseorang maka semakin tinggi konsentrasi timbal yang terakumulasi dalam jaringan tubuh (Suciani, 2007).

2. Jenis kelamin

Didalam KMK No. 1406 tentang Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam Pada Spesimen Biomarker Manusia disebutkan bahwa wanita terutama ibu hamil dan anak-anak termasuk dalam kelompok yang berisiko tinggi terpapar timbal. Jenis kelamin sebagai salah satu faktor epidemiologi yang berperan penting terhadap risiko paparan logam berat. Joko S (1995) dalam Suciani (2007)

menyatakan bahwa efek toksik memiliki pengaruh yang berbeda pada laki-laki dan perempuan, dimana perempuan lebih rentan daripada laki-laki. Penyebab dari hal tersebut adalah faktor fisik, keseimbangan hormon, dan metabolisme yang berbeda antara laki-laki dan perempuan. Faktor lainnya yaitu aktivitas laki-laki juga lebih banyak di luar ruangan termasuk kebiasaan merokok dan lain-lain (Roza et al., 2015).

3. Masa kerja

Terdapat kecenderungan bahwa semakin lama bekerja (>36 bulan) maka kadar timbal dalam tubuh semakin tinggi (Suciani, 2007). Faktor masa kerja yang lama memungkinkan akumulasi timbal dalam tubuh meningkat karena telah lama menghirup udara yang terkontaminasi oleh gas buang kendaraan bermotor. Masa kerja yang sudah lama dan memperpanjang lama kerja dalam perharinya dapat meningkatkan lama keterpaparan tubuh terhadap timbal (Pb), sehingga meningkatkan akumulasi timbal dalam tubuh (Bada et al., 2013). Pada pedagang kaki lima dan tukang parkir yang bekerja secara rutin lebih lama (> 5 tahun) di daerah yang padat lalu lintas diketahui memiliki derajat *lead line* berat, walaupun secara statistik hubungannya tidak signifikan (Putri, 2010; Agustriani, 2010).

4. Penggunaan Masker

Salah satu manajemen risiko untuk mengurangi kontak dengan pajanan timbal (Pb) yaitu dengan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) berupa masker dan sarung tangan (Almunjiat et al., 2016). Penggunaan APD respirator atau masker secara signifikan terbukti berhubungan dengan adanya kadar Pb dalam tubuh pekerja (Purwindah, 2012; Dewi et al., 2015). Studi pada 3 kelompok

responden berdasarkan penggunaan masker (ya, kadang-kadang, tidak pernah), menunjukkan adanya perbedaan secara statistik, dimana kelompok yang tidak pernah memakai masker saat bekerja memiliki kadar timbal darah lebih tinggi dibandingkan yang bekerja memakai masker (Rosmiarti & Amalia, 2014).

5. Jarak tempat tinggal ke tempat kerja

Lokasi tempat tinggal akan mempengaruhi konsentrasi timbal dalam tubuh. Hal ini karena semakin dekat jarak rumah dengan jalan berarti semakin dekat dengan asap kendaraan bermotor yang memungkinkan kadar timbal di udara semakin tinggi (Samsuar et al., 2017). Penelitian Fajrian (2006) menunjukkan perberbedaan kadar timbal (Pb) menurut jarak dari tempat tinggal ke kampus berdasarkan kategori (< 2 km, 2 – 5 km, dan > 5 km). Chahaya et al. (2005) dalam Suherni (2010), juga menemukan adanya variasi kadar timbal dalam darah pada penarik becak di Medan yang tegantung jarak rumah dan tempat kerja dengan kepadatan lalu lintas.

6. Kebiasaan merokok

Faktor kebiasaan merokok dapat menjadi faktor pemicu tingginya kadar Pb dalam tubuh, karena timbal merupakan salah satu komponen rokok. Disamping itu, kandungan timbal dalam rokok meningkatkan timbunan timbal dalam darah dan dapat mengakibatkan gangguan pertumbuhan, metabolisme, dan kerusakan otak (Bada et al., 2013). Kebiasaan merokok mempengaruhi tingkat absorbsi timbal (Pb) oleh mukosa saluran pernafasan. Semakin banyak jumlah rokok yang dihisap setiap harinya oleh seseorang maka akan semakin tinggi jumlah kadar Pb (Rustanti et al., 2010; Dewi et al., 2015).

7. Lingkungan tempat tinggal

Tempat tinggal yang berada di lingkungan industri terutama yang berkaitan dengan timbal (Pb) dapat menyebabkan terpapar Pb, meskipun dalam jumlah yang kecil dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit (Yusvalina, 2012). Di daerah perkotaan dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi kadar Pb harian sering melebihi batas terutama pada musim panas ketika kepadatan lalu lintas meningkat dan kondisi meteorologi yang meambah akumulasi polutan. Sedangkan di daerah pedesaan dimana kepadatan lalu lintas yang sangat rendah dan jauh dari pengaruh aktivitas industri, terjadi sedikit peningkatan sepanjang musim dingin akibat penghangat rumah serta pembakaran jerami di musim semi dan musim gugur (Popescu, 2011).

2.1.9 Cara Pencegahan

Adapun beberapa upaya yang dapat dilakukan agar terhindar dari efek toksik timbal (Pb) diantaranya: (Widowati et al., 2008)

1. Melakukan tes medis, terutama para pekerja yang berisiko terpapar Pb.
2. Menghindari penggunaan peralatan makan dan dapur yang mengandung Pb (misalnya, keramik berglasur, wadah atau kaleng yang dipatri atau mengandung cat).
3. Memantau kadar Pb di udara dan kadar Pb dalam makanan atau minuman yang dikonsumsi secara berkala.
4. Menghindarkan anak-anak dari mainan yang mengandung cat karena berisiko terjilat atau tertelan.

5. Tidak makan, minum, maupun merokok di kawasan yang tercemar timbal (Pb).
6. Menyediakan fasilitas ruang makan yang terpisah dari lokasi pencemaran timbal.
7. Tempat penyimpanan makanan dan minuman harus tertutup agar tidak kontak langsung dengan debu atau asap Pb.
8. Mengurangi emisi gas buang yang mengandung Pb baik dari kendaraan bermotor maupun industri.
9. Bagi para pekerja yang kontak langsung dengan timbal sebaiknya menggunakan peralatan standar keamanan dan keselamatan kerja.
10. Untuk mengurangi efek toksik Pb pada orang telah terpapar dapat menggunakan *cheleating agent* ($CaNa_2EDTA$, BAL, Penicillamine (d-PCN), DMSA).

Selain upaya-upaya diatas, salah satu upaya preventif yang dapat dilakukan adalah melalui tes medis pada pekerja yang terpapar Pb. Tes medis tersebut meliputi: (Riyadina, 1997)

1. Sejarah medis pekerja (masa kerja)

Pada tes ini dititikberatkan pada riwayat terpapar Pb secara individu, kondisi hygiene tempat kerja, kondisi gastrointestinal, hematologi, saluran ginjal, repoduksi, dan masalah neurologi.

2. Tes fisik

Pada tes ini dititikberatkan pada keadaan gusi dan gastrointestinal, hematologi, saluran ginjal, reproduksi, dan sistem saraf. Kondisi paru-paru seharusnya diketahui untuk evaluasi perlengkapan pelindung pernafasan.

3. Pengukuran tekanan darah

4. Tes darah

Kandungan Pb dalam darah, Zinc protoporfyrin atau eritrosit forfirin bebas, hemoglobin, hematokrit, kreatinin serum, dan urinalisis dengan tes mikroskopik.

5. Tes lain

Indikasi klinis lain yang timbul.

2.1.10 Peraturan-peraturan yang Berkaitan dengan Timbal

Terdapat beberapa peraturan yang mengatur keberadaan Pb baik di alam maupun dalam tubuh manusia, diantaranya sebagai berikut:

1. PP Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Didalam PP No. 41 tahun 1999 ini diatur tentang baku mutu udara ambien dengan berbagai parameter, salah satunya adalah timah hitam atau yang dikenal dengan timbal (Pb). Dalam peraturan ini kadar Pb yang diperbolehkan di udara dengan waktu pengukuran 24 jam yaitu 2 $\mu g/Nm^3$, sedangkan batas yang perbolehkan untuk waktu pengukuran 1 jam yaitu 1 $\mu g/Nm^3$.

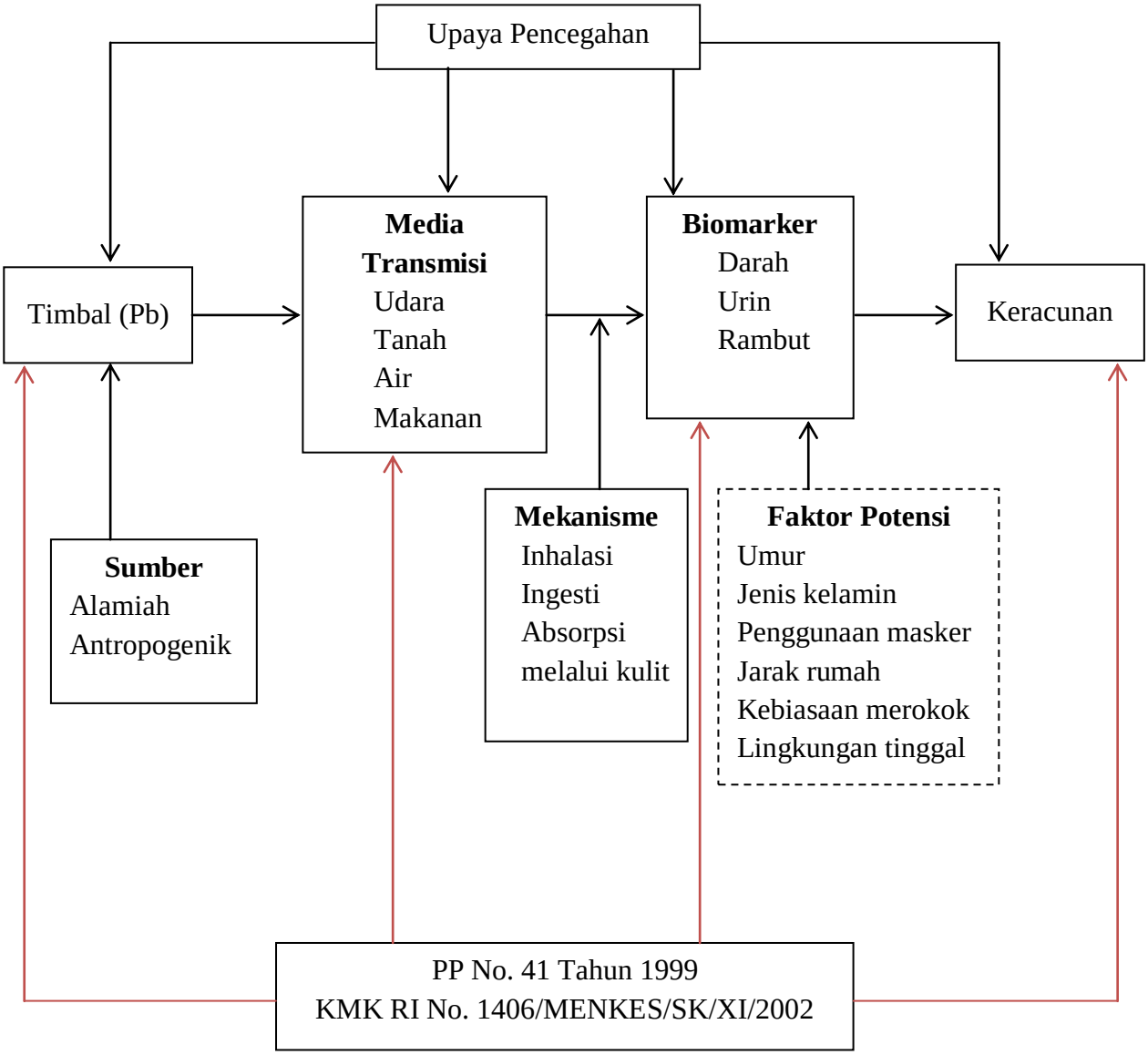
2. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1406/MENKES/SK/XI/2002 tentang Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam pada Spesimen Biomarker Manusia.

Dalam peraturan ini diatur tentang pengambilan, pengiriman, pemeriksaan spesimen, analisa, dan tindak lanjut hasil. Sasaran yang akan dilakukan kegiatan sampling harus berasal dari kelompok yang berisiko tinggi, dan telah tinggal di lokasi yang berisiko tinggi tersebut minimal 20 hari. Spesimen biomarker yang terdapat dalam peraturan ini yaitu spesimen darah, urin, dan rambut.

2. 2 KERANGKA TEORI

Berdasarkan uraian dalam tinjauan pustaka, maka disusun kerangka teori mengenai gambaran faktor yang berpotensi memberi kontribusi kadar timbal dalam rambut yang bersumber dari modifikasi teori simpul. Upaya pencegahan dapat mempengaruhi keberadaan timbal di lingkungan maupun dalam tubuh manusia. Media transmisi timbal (Pb) dapat melalui udara, tanah, air, makanan dan masuk ke dalam tubuh manusia dengan cara inhalasi, ingesti dan absorpsi langsung ke dalam kulit. Apabila manusia terpapar secara kontinyu, adanya timbal (Pb) dalam tubuh manusia akan menimbulkan efek keracunan timbal. Peraturan yang terkait dengan timbal yaitu PP No. 41 Tahun 1999 dan KMK RI No. 1406/MENKES/SK/XI/2002.

Disamping itu terdapat beberapa faktor-faktor yang berpotensi memberi kontribusi terhadap kadar timbal yang ada di dalam tubuh manusia, yaitu umur, jenis kelamin, penggunaan masker, jarak rumah, kebiasaan merokok dan lingkungan tempat tinggal. Biomarker pada manusia yang diukur untuk mengetahui kadar timbal dalam tubuh yaitu darah, urin dan rambut.



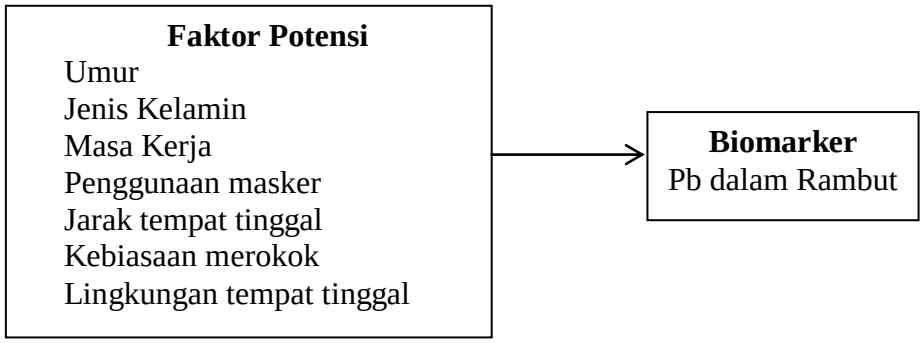
Gambar 2.2 Kerangka Teori

Sumber : Modifikasi Teori Simpul yang bersumber dari Widowati et al. (2008), Darmono (2008), Arifin & Sukoco (2009), Palar (2004), dan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1406/MENKES/SK/XI/2002.

BAB III

METODE PENELITIAN

3. 1 ALUR PIKIR



Gambar 3.1 Alur Pikir

Alur pikir dalam penelitian ini menggambarkan variabel-variabel yang akan diteliti dan diukur selama penelitian. Semua variabel yang ada dalam alur pikir diatas diukur dan diteliti.

3. 2 FOKUS PENELITIAN

Fokus masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu rambut sebagai biomarker kadar timbal (Pb) dalam tubuh responden; dan faktor yang berkontribusi yaitu umur, jenis kelamin, masa kerja, penggunaan masker, jarak tempat tinggal, kebiasaan merokok, serta lingkungan tempat tinggal.

3. 3 JENIS DAN RANCANGAN PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan desain *cross sectional*, dimana pengukuran dan pengumpulan data kadar kadar timbal (Pb) dalam rambut dan faktor potensi (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan

merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal dan lingkungan tempat tinggal) petugas teknis pengujian emisi gas buang Dishub Kota Semarang dilakukan dalam satu waktu.

3. 4 DEFINISI OPERASIONAL DAN SKALA PENGUKURAN VARIABEL

Tabel 3.1 Definisi Operasional dan Skala Pengukuran Variabel

No	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Kategori	Skala Data
1	Kadar timbal dalam rambut	Kadar Pb dalam rambut Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018	AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*)	µg/gram	Rasio
2	Jenis kelamin	Jenis kelamin Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018	Kuesioner	1. Laki-laki 2. Perempuan	Nominal
3	Umur	Usia Petugas Teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang Tahun 2018 pada saat dilakukan penelitian (dalam tahun)	Kuesioner	Tahun	Rasio
4	Masa kerja	Masa kerja sebagai Petugas Teknis Uji KIR di Dishub Kota Semarang sejak direkrut sebagai petugas hingga pada saat penelitian	Kuesioner	1. Lama (>5 tahun) 2. Baru (≤5 tahun)	Ordinal
5	Kebiasaan Merokok	Kebiasaan merokok	Kuesioner	1. Merokok 2. Tidak	Ordinal

		petugas Teknis Uji KIR di Dishub Kota Semarang		Merokok	
6	Penggunaan masker	Kebiasaan menggunakan masker oleh petugas Teknis Uji KIR di Dishub Kota Semarang selama bekerja	Kuesioner	1. Menggunakan masker 2. Tidak menggunakan masker	Ordinal
7	Jarak tempat tinggal	Jarak dari tempat tinggal petugas teknis uji KIR Dishub Kota Semarang menuju ke tepat bekerja dalam satuan km.	Kuesioner	1. Jauh (>10 km) 2. Dekat (≤10 km)	Ordinal
8	Lingkungan tempat tinggal	Lingkungan tempat petugas teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang tinggal.	Kuesioner	1. Lingkungan Industri 2. Lingkungan perumahan	Nominal

3. 5 POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

3.5.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh petugas teknis pengujian emisi gas buang (KIR) di Dishub Kota Semarang yang berjumlah 22 orang.

3.5.2 Sampel Penelitian

Kriteria responden dalam penelitian ini adalah responden yang tidak digunakan dalam pra-penelitian dan masih merupakan petugas teknis Uji KIR di Dishub Kota Semarang pada saat penelitian berlangsung. Penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh, dimana semua anggota dalam populasi

digunakan sebagai sampel, mengingat kecilnya jumlah populasi yaitu kurang dari 30 orang (Sugiyono, 2012). Jumlah sampel yaitu 17 orang.

3.6 SUMBER DATA

3.6.1 Sumber Data Primer

Data primer diperoleh dari wawancara, kuesioner, dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer dalam penelitian ini yaitu data karakteristik responden dan sampel rambut untuk mengetahui kadar timbal di rambut responden.

3.6.2 Sumber Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari data dokumen maupun laman internet Dishub Kota Semarang, berupa data tentang gambaran umum maupun khusus Dishub Kota Semarang dan data pegawai di Dishub Kota Semarang, serta teori-teori lainnya yang diperoleh dari literatur, jurnal ilmiah, dan internet.

3. 6 INSTRUMEN PENELITIAN DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA

3.7.1 Instrumen Penelitian

Instrumen atau alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

3.7.1.1 AAS (Spektrofotometer Serapan Atom)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) atau Spektrofotometer Serapan Atom merupakan metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan dan kadar logam berat dalam berbagai bahan. Alat ini yang nantinya akan digunakan untuk mengukur kadar timbal yang ada dalam rambut petugas teknis Uji KIR.

3.7.1.2 Kuesioner

Kuesioner dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor potensi yang berupa karakteristik dari responden. Kuesioner ini ditujukan kepada petugas teknis Uji KIR Dishub Kota Semarang.

3.7.2 Teknik Pengambilan Data

3.7.2.1 Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu pengambilan spesimen rambut petugas teknis Uji KIR yang kemudian diukur kadar timbalnya di laboratorium. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1406/MENKES/SK/XI/2002 tentang Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam pada Spesimen Biomarker Manusia, berikut ini adalah tahapan untuk memeriksa spesimen rambut :

3.7.2.1.1 Pengambilan Spesimen

3.7.2.1.1.1 Wadah spesimen

1. Wadah spesimen rambut harus bersih dan kering.
2. Wadah spesimen merupakan kantong plastik yang dapat tertutup rapat

3.7.2.1.1.2 Cara pengambilan spesimen

1. Spesimen diambil di kepala bagian belakang.
2. Ikat rambut sebesar batang korek api dengan menggunakan benang
3. Potong rambut pada bagian pangkalnya.
4. Spesimen disimpan dalam kantong plastik tertutup rapat.

3.7.2.1.1.3 Identitas spesimen

Spesimen diberi nomor dan kode, sedangkan identitas lengkap dapat dilihat pada buku registrasi yang berisikan nomor, tanggal, nama responden, umur, jenis kelamin, jenis pemeriksaan.

3.7.2.1.1.4 Pengiriman spesimen

1. Setelah spesimen rambut terkumpul masing-masing dalam kantong plastik tertutup, kemudian dimasukan dalam wadah atau tempat yang lebih besar.
2. Pengiriman harus secepat mungkin sampai ke laboratorium. Dalam penelitian ini, sampel akan dikirimkan ke Laboratorium Kimia Instrumen FMIPA (Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam) Universitas Negeri Semarang untuk dilakukan pemeriksaan.

3.7.2.1.1.5 Pemeriksaan spesimen

Ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk memeriksa kadar Timah hitam dalam rambut, antara lain metoda Dithizone dan metoda Spektrofotometrik Serapan Atom. Pemilihan metoda pemeriksaan disesuaikan dengan kemampuan sumber daya yang tersedia, baik tenaga, bahan pemeriksaan ataupun peralatan. Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode Spektrofotometrik Serapan Atom (SSA).

3.7.2.1.1.6 Analisa hasil

Kadar Timah hitam dibandingkan dengan Biological Exposure Index (BEI) atau nilai index untuk pajanan biologi.

3.7.2.1.1.7 Tindak lanjut

Hasilnya dilaporkan pada pihak-pihak yang berwenang.

3.7.2.2 Wawancara (*Interview*)

Wawancara dilakukan oleh peneliti guna memperoleh data primer melalui kuesioner yang telah dibuat sesuai dengan tujuan penelitian.

3.7.2.3 Dokumentasi

Dokumentasi bertujuan untuk mengumpulkan data dari berbagai tulisan yang berkaitan dengan obyek penelitian, berupa gambaran dari uji KIR kendaraan bermotor di Dishub Kota Semarang.

3. 7 PROSEDUR PENELITIAN

3.8.1 Menentukan Masalah Penelitian dan Melakukan Studi Pendahuluan

Dalam tahap ini, peneliti menentukan masalah setelah melakukan studi pendahuluan dengan berkunjung ke Dishub Kota Semarang. Dalam studi pendahuluan, peneliti melakukan wawancara dengan Penguji Tingkat II dan Kepala Sie Pengujian Kendaraan Bermotor sehingga permasalahan yang ditemukan dapat dijadikan sebagai latar belakang dan rumusan masalah penelitian.

3.8.2 Merumuskan Masalah

Dalam tahap merumuskan masalah ini dilakukan perumusan judul serta pembuatan desain penelitian sesuai dengan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditentukan.

3.8.3 Memilih Metode dan Pendekatan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif yang menggunakan pendekatan *cross sectional*.

3.8.4 Menentukan Variabel

Setelah merumuskan masalah maka akan didapatkan variabel penelitian, yaitu kadar timbal dalam rambut petugas teknis uji KIR sebagai variabel terikat dengan indikator faktor potensi meliputi umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal, dan lingkungan tempat tinggal petugas teknis uji KIR.

3.8.5 Menentukan dan Menyusun Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan kuesioner.

3.8.6 Mengumpulkan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan pengukuran langsung untuk mengetahui kadar timbal dalam rambut petugas, observasi dan wawancara pada studi pendahuluan, serta kuesioner digunakan untuk mengetahui karakteristik (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal dan lingkungan tempat tinggal) dari responden.

3.8.7 Menganalisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis univariat untuk mendeskripsikan karakteristik masing-masing variabel.

3.8.8 Menarik Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat serta data yang didapatkan pada saat penelitian.

3. 8 TEKNIK ANALISIS DATA

3.9.1 Analisis Univariat

Variabel yang akan dianalisis univariat yaitu kadar timbal dalam rambut, umur petugas, jenis kelamin petugas, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal dan lingkungan tempat tinggal petugas teknis pengujian emisi gas buang Dishub Kota Semarang Tahun 2018. Tujuan analisis univariat ini yaitu untuk menggambarkan masing-masing variabel tersebut serta konstribusinya terhadap variabel kadar Pb rambut.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ditemukan Pb dalam rambut petugas uji KIR yang ditunjukkan dengan adanya angka absorbansi pada AAS. Kadar tertinggi yang diperoleh yaitu 7,72 µg/gram dan kadar terendah yaitu 4,48 µg/gram dengan rata-rata 6,5274 µg/gram. Hal ini membuktikan bahwa rata-rata responden memiliki kadar Pb yang tidak normal dalam tubuhnya yaitu lebih dari 5 µg/gram.
2. Beberapa karakteristik reponden yang dapat menjadi faktor potensi yang berkontribusi terhadap adanya kadar Pb rambut petugas yaitu umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, penggunaan masker, jarak tempat tinggal.
3. Kadar Pb dalam rambut dapat bertambah seiring dengan bertambahnya umur petugas.
4. Jenis kelamin dapat dijadikan faktor penting yang berkontribusi Pb dalam rambut manusia.
5. Ada kemungkinan 64,7% petugas dengan masa kerja lebih dari 5 tahun memiliki kadar Pb rambut melebihi normal seiring dengan lamanya waktu paparan.
6. Pemakaian masker yang sesuai kebutuhan memiliki kontribusi dalam penghambatan terhirupnya pencemaran karena ada fitrasi debu yang masuk ke dalam tubuh.

7. Petugas yang memiliki kebiasaan merokok cukup berkontribusi terhadap bertambahnya kadar Pb dalam rambut.
8. Kadar Pb rambut menurut jarak rumah ini tentunya dipengaruhi oleh alat transportasi serta bahan bakar yang digunakan serta kepadatan lalu lintas yang dilalui ke tempat kerja.
9. Kadar Pb rambut berdasarkan lingkungan tempat tinggal dipengaruhi oleh faktor lain yang ada di lingkungan.

6.2 SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Untuk petugas teknis uji KIR supaya mewaspadai faktor-faktor potensi seperti kebiasaan merokok dan penggunaan APD masker. Petugas lebih baik menggunakan jenis masker partikel yang berbahan kertas tipe N95 karena lebih rapi dalam menutup hidung dan mulut. Namun ada beberapa kelompok yang tidak direkomendasikan menggunakan masker tersebut diantaranya pada anak-anak, ibu hamil, orang tua, lansia, pasien penyakit kardiovaskular dan pasien penyakit paru kronik.
2. Untuk pihak instansi supaya memperhatikan kesehatan pegawai karena pekerjaan sebagai petugas uji KIR cukup berisiko terhadap timbulnya penyakit.
3. Pemerintah supaya dapat mengembangkan dan memasyarakatkan penggunaan BBG (Bahan Bakar Gas) yang lebih *eco friendly*. Menurut APCNGI (Asosiasi Perusahaan *Compressed* Natural Gas Indonesia) BBG memiliki hasil pembakaran lebih bersih daripada bensin, harga setara

dengan pasaran premium di Indonesia, serta aman bagi pengguna dan kendaraannya.

4. Pemerintah supaya memperketat peraturan timbal dalam tubuh manusia, mengingat timbal dapat terakumulasi didalam tubuh apabila terpapar dalam jumlah besar dan jangka waktu yang lama.
5. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan perbandingan kadar Pb rambut dengan biomarker tubuh lainnya disertai pengukuran Pb udara.

DAFTAR PUSTAKA

Agustriani, W. (2010). *Hubungan Antara Lama Masa Kerja Dengan Kejadian Gingival Lead Pada Tukang Parkir di Kota Semarang*. Artikel Ilmiah. Semarang: Universitas Diponegoro.

Almunjiat, E., Sabilu, Y., & Ainurafiq. (2016). *Analisis Risiko Kesehatan Akibat Pajanan Timbal (Pb) Melalui Jalur Inhalasi Pada Operator di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Kendari Tahun 2016 (Studi di SPBU Tipulu, Wua-wua, Anduonohu dan SPBU Lepo-lepo).*

Anggraini, dkk. (2012). Paparan Timbal (Pb) pada Rambut Sopir angkot Rute Johar-Kedungmundu, *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 11(1): 47-50.

Ardyanto, D. (2005). Deteksi Pencemaran Timah Hitam (Pb) dalam Darah Masyarakat yang Terpajan Timbal (Plumbum), *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2(1): 67-76.

Arifin, Z & Sukoco. (2009). *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: ALFABETA.

Bada, SSE., Rahim, MR., & Wahyuni, A. (2013). Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah Sopir Koperasi Angkutan Kota Mahasiswa dan Umum (KAKMU) Trayek 05 Kota Makassar.

Badan Pusat Statistik. (2017). *Statistik Transportasi 2016*. Jakarta: CV. Ryan Indah.

Barbara E. C., Knollman-Ritschel, & Markowitz, M. (2017). Lead Poisoning. *Academic Pathology*, 4: 1-3.

Castellino, N. & Catellino, P. (1995) Lead Metabolism. In Castellino, N., Nicola. S, & Castellino, P, Ed., *Inorganic Lead Exposure: Metabolism and Intoxication*. Florida: CRC Press (https://books.google.co.id/books?id=059oObc8X48C&pg=PA238&dq=lead+in+hair&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjLi5TGlqbcAhUMfisKHX7RA8QQ6AEIKDAA#v=onepage&q=lead%20in%20hair&f=false)

Darmono. (2008). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI-Press.

Dewi, P. P., Sabilu, Y., Pratiwi, A. D. (2015). *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kadar Plumbum (Pb) dalam Darah Pada Polisi Lalu Lintas di Kota Kendari Tahun 2015*. Kendari: Universitas Halu Oleo.

Fajrian, G. (2006). *Status Cemaran Logam Timbal (Pb) pada Mahasiswa Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Kemenkes Republik Indonesia. (2012). *Penyakit Akibat Kerja Karena Pajanan Logam Berat*. Jakarta: Kemenkes RI.

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1406/MENKES/SK/XI/2002 tentang Standar Pemeriksaan Kadar Timah Hitam pada Spesimen Biomarker Manusia.

KPBB (Komite Penghapusan Bensin Bertimbal). (1999). *Dampak Pemakaian Bensin Bertimbal dan Kesehatan*. Jakarta: KPBB.

Lead. (n.d.). Retrieved March 28, 2018, from ARL (Analytical Research Lab) Web Site: http://www.arltma.com/Mineral_Information/Lead.html

Lead Toxicity. (n.d.). Retrived March 28, 2018, from ARL (Analytical Research Lab) Web Site: http://www.arltma.com/Articles/LeadToxDoc.htm

Lead Toxicity : Who Is at Risk of Lead Exposure?. (2016, August 25). Retrieved from ATSDR (Agency for Toxic Subtances and Disease Registry) Web Site: https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=7&po=7#tocbookmark3

Liang, G., Pan, L., & Liu X. (2017). Assessment of Typical Heavy Metals in Human Hair of Different Age Groups and Foodstuffs in Beijing China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 14(914): 1-10

Lingkungan Hidup. (2017, August 29). *Pencemaran Udara: Pengertian, Penyebab, Dampak Polutan dan Penanggulangannya*. From Lingkungan Hidup Web Site: https://lingkunganhidup.co/pencemaran-udara-pengertian-penyebab-dampak-solusi/

Holstege, Christopher P. (2015, December 09). *Pathophysiology and Etiology of Lead Toxicity*. Retrieved May 10, 2017, from Medscape Web Site: https://emedicine.medscape.com/article/2060369-overview

Mackenzie, Jillian. (2016, November 01). *Air Pollution: Everything You Need to Know*. Retrieved September 18, 2017, from Natural Resources Defense Council Web Site: https://www.nrdc.org/stories/air-pollution-everything-you-need-know

Marcano, E., Labady, M., Gomes, C., Aguiar, G., & Laine, J. (2009). High Level of Mercury and Lead Detected by Har Analysis In Two Venezuelan Environments. *Acta Amazonica*. 39(2): 315 – 318

Masci, O., Sannolo, O, & Castellino, N. (1995). Biological Monitoring. In Castellino, N., Nicola. S, & Castellino, P, Ed., *Inorganic Lead Exposure: Metabolism and Intoxication*. Florida: CRC Press (https://books.google.co.id/books?id=059oObc8X48C&pg=PA238&dq=lead+in+hair&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjLi5TGlqbcAhUMfisKHX7RA8QQ6AEIKDAA#v=onepage&q=lead%20in%20hair&f=false)

Medical Management Guidelines for Lead-Exposed Adults. (2007, April 24). Retrieved March 28, 2018, from AOEC (Association of Occupational and Environmental Clinics) Web Site: http://www.aoec.org/documents/positions/MMG_FINAL.pdf

Mehra, Rita, et al. (2012). Relationship Between Lead, Cadmium, Zinc, Manganese, and Iron of Enviromnetally Exposed Subjects. *Arabian Journal of Chemistry*. pp 1-4.

Mukhtar, R., Wahyudi, H., Hamonangan E., Lahtiani S., Santoso, M., Lestiani, D.D., dan Kurniawati, S. (2013). *Kandungan Logam Berat Dalam Udara Ambien Pada Beberapa Kota di Indonesia*. Ecolab Vol. 7 No. 2 Juli 2013: 49 – 108.

OLPPP, *Medical Guidelines for the Lead-Exposed Worker*, updated April 2009, California Departement of Public Health.

Palar, Heryando. (2004). *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Pirsaraei, SRA. (2007). *Lead Exposure and Hair Lead Level of Workers In A Lead Refinery Industry In Iran*, Indian J Occup Med. 11(1): 6-8. (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3168112/)

Popescu, C.G. (2011). Relation Between Vehicle Traffic and Heavy Metals Content From The Particulate Matters. *Romanian Reports in Physics*, 63(2): 471-482.

Pounds, Joel G. (1985). The Toxic Effects of Metals. In P. L. Williams & J. L. Burson, Ed, *INDUSTRIAL TOXICOLOGY: Safety and Health Applications in the Workplace* (pp. 197-210). New York: Van Nostrand Reinhold.

Pruss-Ustun, A., Fewtrell, L., Landrigan, P.J. & Ayuso-Mateos, J. L. (n.d.). Lead Exposure. In *Comparative Quantifications of Health Risks*, pp. 1495-1452.

Public Health England. (October, 2017). *Compendium of Chemical Hazards*. From PHE (Public Health England) Web Site: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/653725/Lead_toxicological_overview.pdf

Putri, Vera Palupi. (2010). *Hubungan Antara Masa Kerja Dengan Kejadian Gingival Lead Line Pada Pedagang Kaki Lima di Kota Semarang*. Artikel Ilmiah. Semarang: Universitas Diponegoro.

Purwindah, R. H., Sulistiyani, & Budiyono. (2012). Hubungan Kadar Timah Hitam (Pb) Dalam Darah Dengan Profil Darah Studi Pada Petugas Pengujian Emisi Gas Buang Dinas Perhubungan Kabupaten Purbalingga dan Banjarnegara. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(1): 38-42.

Putra, dkk. (2015). *Kadar Timbal (Pb) Pada Rambut dan Kuku Polisi Lalu Lintas di Kota Pekanbaru, dan Kota Bengkalis*. 2(2): 121-128. (http://download.portalgaruda.org/article.php?article=349831&val=7633&title=Kadar%20Timbal%20%28Pb%29%20Pada%20Rambut%20dan%20Kuku%20Polisi%20Lalu%20Lintas%20di%20Kota%20Pekanbaru%20dan%20Kota%20Bengkalis)

Riyadina, Woro. (1997). Pengaruh Pencemaran Pb (Plumbum) Terhadap Kesehatan. *Media Litbangkes*, 7(3 & 4): 29-32.

Rosmiarti, & Amalia, H. T. (2014). *Analisis Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Tukang Ojek di Pangkalan Ojek KM 5 Palembang 2014*.

Roza, V., Ilza, M., Anita, S. (2015). Korelasi Konsentrasi *Particulate Matter* (PM_{10}) di Udara dan Kandungan Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas SPBU di Kota Pekanbaru. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 2(1): 52-60.

Rustanti, I., Mahawati, E. (2011). Faktor-faktor yang Brhubungan Dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Pada Sopir Angkutan Umum Jurusan Karangayu – Penggaron di Kota Semarang. *Jurnal Visikes*, 10(1): 59-68.

Samsuar, Kanedi, M., Pebrice S., & Ari P., W. (2017). Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Rambut Pekerja Bengkel Tambal Ban dan Ikan Mas di Sepanjang Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Kesehatan*, 8(1): 91-97.

Suciani, S. (2007). *Kadar Timbal dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya dengan Kadar Hemoglobin (Studi pada Polisi Lalu Lintas yang Bertugas di Jalan Raya Kota Semarang)*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.

Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

Suherni. (2010). *Keracunan Timbal di Indonesia*. (A. Roberts & E. O'Brien, Ed.). Sydney: The LEAD Group Incorporated.

Sukar & Suharjo. (2015). Bioindikator Cemaran Timbal pada Rambut Masyarakat Sekitar Kilan Minyak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 9(3): 229-234.

Sunoko, H. R., Hadiyarto, A., & Santoso, B. (2011). Dampak Aktivitas Transportasi Terhadap Kandungan Timbal (Pb) dalam Udara Ambient di Kota Semarang. *Bioma*, 1(2): 105-112.

Test ID: PBHA – Lead, Hair. (n.d.) Retrieved March 28, 2018, from Mayo Foundation for Medical Education and Research Web Site: https://www.mayomedicallaboratories.com/test-catalog/Clinical+and+Interpretive/8495

Tirtaadi. (2014). *Timbal (Pb) Udara, Kadar Timbal (Pb) Rambut Pengangkut Sampah di Tempat Pembuangan Sampah Sementara (Studi di Tempat Pembuangan Sampah Sementara Mulyorejo Surabaya*. Skripsi. Surabaya: Universitas Airlangga.

Tobin, Desmond John. (2005). *Hair in Toxicology: An Important Bio-monitor*, (https://books.google.co.id/books?id=KzZ5MEyWXzQC&pg=PA141&lpg=PA141&dq=correlation+between+blood+lead+and+lead+in+hair&source=bl&ots=zaFuvn9KGK&sig=LdJFRVH0wr_ZW1hI5GbUDoqEbK8&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjamsHVhIDUAhXJrI8KHR0xAIUQ6AEIZjAJ#v=onepage&q=correlation%20between%20blood%20lead%20and%20lead%20in%20hair&f=false)

Tugaswati, A. Tri. (n.d.). *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya terhadap Kesehatan*. Retrieved January 25, 2018.

Wardhana, W. A. (1994). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

Watson, Ian. (2016, May 26). *Lead Exposure and Hair Loss*. Retrieved June 4, 2018, from His Hair Clinic Web Site: https://www.hishairclinic.com/is-lead-exposure-a-potential-cause-of-hair-loss/

Widowati, W., Sastiono, A., & R., Jusuf R. (2008). *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan penganggulangan pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

World Health Organization. (2001). *Air Quality Guidelines*. From WHO Regional Office for Europe Web Site: (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123077/AQG2ndEd_6_7Lead.pdf)

World Health Organization. (2016). *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Switzerland: WHO Document Production Services.

Yusvalina, HA., Sutrisno, E., & Wisnu W., I. (2012). *Analisis Risiko Cemaran Pb Akibat Asap Pabrik Terhadap Kesehatan Pekerja dan Masyarakat Sekitar (Studi Kasus: PT. Init General Yaja Steel, Semarang – Jawa Tengah).*