

KARYA TULIS ILMIAH

**HUBUNGAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH TERHADAP
JUMLAH ERITROSIT DAN NILAI HEMATOKRIT PADA
PEKERJA BENGKEL**



CANDRA WIJAYA
B1D222029

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSITAS MEGAREZKY
MAKASSAR
2025**

KARYA TULIS ILMIAH

**HUBUNGAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH TERHADAP
JUMLAH ERITROSIT DAN NILAI HEMATOKRIT PADA
PEKERJA BENGKEL**

*Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli
Madya Kesehatan (A.Md. Kes) pada Program Studi Diploma Tiga (III) Teknologi
Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky*



CANDRA WIJAYA
B1D222029

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSITAS MEGAREZKY
MAKASSAR
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah dengan judul:

**HUBUNGAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH TERHADAP
JUMLAH ERITROSIT DAN NILAI HEMATOKRIT PADA
PEKERJA BENGKEL**

Telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan
Tim Penguji karya tulis ilmiah
Fakultas Teknologi Kesehatan
Universitas Megarezky
Pada Hari Sabtu, 04 Oktober 2025

Pembimbing I


Pembimbing II


(Thaslifa, S.Si., M.Sc)
NUPTK: 0436767668230253


(Nuramaniah Taufiq, S.Si., M.Si)
NUPTK: 7636767668330302

Mengetahui,

Ketua Program Studi


(Resi Agestia Waji, S.Si., M.Si)
NUPTK: 4134761662230213

HALAMAN PENGESAHAN

Pada hari ini sabtu, 04 oktober 2025, bertempat di Gedung A Ruang 4.5 Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky, telah dilaksanakan Ujian Karya Tulis Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Diploma Tiga Teknologi Laboratorium Medis terhadap mahasiswa atas nama:

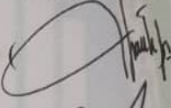
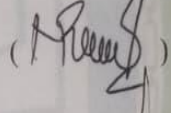
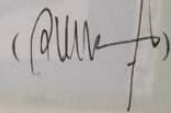
Nama : Candra Wijaya
NIM : B1D222029
Program Studi : Teknologi Laboratorium Medis
Jenjang : Diploma 3
Judul KTI : Hubungan Kadar Timbal Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel

Yang telah diuji oleh **Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah**, sebagai berikut:

Tim Penguji

1. Thaslifa, S.Si., M.Sc
2. Nuramanyah Taufiq, S.Si., M.Si
3. Fitriana, S.Si., M.Kes

Tanda Tangan


(Thaslifa)

(Nuramanyah Taufiq)

(Fitriana)

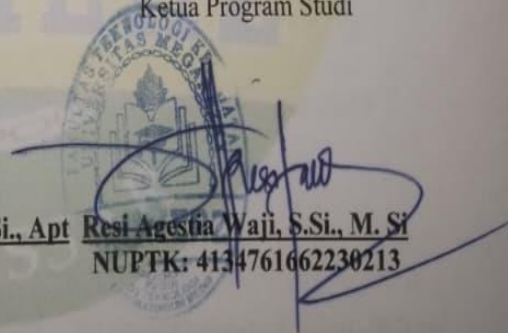
Mengetahui,



Dekan

Prof. Dr. Dra. Hj. Asnah Marsuki, M. Si., Apt
NUPTK. 135072768230013

Ketua Program Studi



Resi Agestia Waji, S.Si., M. Si
NUPTK: 4134761662230213

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY**

SK. Menristekdikti RI. No. 1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT

Kampus II Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 482 401 - 486401 Fax. 490014 Website

info@universitasmegarezky.ac.id

KETERANGAN LOLOS UJI TURNITIN

No. 031 /T/07.091056/ IX /2025

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Syamsyuriyana Sabar, S.Kep., Ns., M.Kep

NIDN : 0915118602

Jabatan : Ketua LPPM

Menyatakan bahwa :

Nama : Candra Wijaya

NIM : B1D222029

Prodi : DIII Teknologi Laboratorium Medis

Judul Skripsi/KTI : Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel

Telah melalui uji *similarity* dengan software *Turnitin* dan dinyatakan lolos dengan persentase 23 % sesuai bukti terlampir.

Demikian Surat Keterangan ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 2 Oktober 2025
Ketua,



Ns. Syamsyuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09 151186 02

CURRICULUM VITAE



Candra Wijaya
B1D222029

- Program Studi : DIII Teknologi Laboratorium Medis
- Alamat : JL. Toa Daeng III, Lorong kenanga
- Orang Tua
- Ayah : Ismail
- Ibu : Suharna
- Alamat Orang Tua : JL. Thamrin RT 007/ RW 003 Wamena kota
- Riwayat Pendidikan
- SD : SD ATHAHIRIYAH YAPIS WAMENA
- SMP : SMPN 1 WAMENA
- SMA : SMAN 1 WAMENA
- Prinsip Hidup : Nggak semua hal akan berjalan sempurna, dan itu nggak apa-apa dan selalu ingat kamu punya Allah SWT
- Pesan dan Kesan : "Tantangan ini memberi pelajaran berharga; jangan takut keluar dari zona nyaman dan tetap jaga keseimbangan hidup."

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas penyertaan dan kasihnya-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal ini yang berjudul: **“Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel”**.

Penyusunan karya tulis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan program Ahli Madya di Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, karya tulis ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta **Ayah Ismail dan Ibu Suharna**, yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moral maupun materil tanpa henti. Tanpa keikhlasan dan doa dari Ayah dan Ibu, penyusunan Proposal ini tidak akan pernah terwujud.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada:

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, SH., MH., M.Kn sebagai Pembina Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas arahan dan pembinaan yang senantiasa menjadi fondasi dalam pengembangan institusi dan mahasiswa.

2. **Ibu Alm. Hj. Suryani, SH., MH sebagai Pendiri Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dedikasi dan kontribusi luar biasa dalam mendirikan lembaga pendidikan yang menjadi wadah pengembangan ilmu dan karakter.
3. **Bapak Moch. Noer Alim Qolby, S.H., LLM Sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dukungan dan kebijakan strategis yang memfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.
4. **Bapak Prof. Dr. Anwar Ramli, SE., M.Si sebagai Rektor Universitas Megarezky**, atas motivasi dan arahnya dalam membangun budaya akademik yang unggul dan berdaya saing.
5. **Ibu Prof. Dr.Dra.apt.Hj.Asnah Marzuki.,M.Si, sebagai Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan**, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
6. **Ibu Resi Agestia Waji,S.Si.,M.Si sebagai Ketua Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis**, atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif.
7. **Ibu Thaslifa, S.Si., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing 1** yang telah memberikan arahan, saran, dan evaluasi dalam penyusunan karya tulis ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
8. **Ibu Nuramaniyah Taufiq, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing 2** yang telah meluangkan waktu dan kesediaannya untuk memberikan bimbingan,

saran serta motivasi yang diberikan dalam penyusunan karya tulis ini.

9. **Ibu Fitriana, S.Si., M.Kes, selaku Dosen Penguji Utama** yang telah meluangkan waktu dan memberikan masukan serta saran yang berharga untuk penyempurnaan karya tulis ini.
10. **Bapak Dr. Subair, S.Si., M.Kes sebagai Pembimbing Akademik (PA)**, atas pendampingan dan bimbingan akademik selama masa studi penulis
11. **Seluruh Dosen dan Staf Akademik Universitas Megarezky**, atas ilmu, perhatian, dan pelayanan yang diberikan selama proses studi.
12. **Keluarga Besar Saya** yang senantiasa mendoakan, memberikan semangat dan menjadi bagian dari proses ini. Terimakasih atas kebersamaan, ide-ide, dan energi positif yang diberikan kepada penulis.
13. **Teman-teman Angkatan 2022** yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya ilmiah ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, Agustus 2025

Peneliti

ABSTRAK

Candra wijaya (2025). Hubungan kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel. (Dibimbing oleh **Thaslifa, S.Si.,M.Sc** dan **Nuramaniyah Taufiq, S.Si., M.Si**).

Timbal (Pb) merupakan logam berat toksik yang dapat memengaruhi sistem hematopoietik, termasuk pembentukan eritrosit dan nilai hematokrit. Pekerja bengkel memiliki risiko tinggi terpapar timbal melalui inhalasi, ingesti, dan kontak kulit karena aktivitas sehari-hari yang berhubungan dengan bahan bakar, oli, dan aki. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar timbal dalam darah terhadap jumlah eritrosit dan nilai hematokrit pada pekerja bengkel motor di Jalan Antang Raya Kota Makassar. Penelitian ini menggunakan desain analitik dengan pendekatan korelasional. Sampel terdiri atas 36 pekerja bengkel yang memenuhi kriteria inklusi. Pemeriksaan kadar timbal dilakukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), sedangkan pemeriksaan jumlah eritrosit dan nilai hematokrit menggunakan hematology analyzer. Data dianalisis dengan uji korelasi Spearman. Hasil penelitian menunjukkan kadar timbal darah pekerja bengkel melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan WHO, dengan rata-rata 7,12 µg/dL. Nilai korelasi antara kadar timbal dengan jumlah eritrosit adalah $r = -0,306$ ($p = 0,070$), sedangkan dengan hematokrit adalah $r = -0,233$ ($p = 0,172$). Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara kadar timbal darah dan jumlah eritrosit maupun hematokrit, namun tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$), Maka H_0 diterima. Disimpulkan bahwa paparan timbal pada pekerja bengkel dapat berdampak pada penurunan parameter hematologi, meskipun pada penelitian ini belum terbukti signifikan.

Kata Kunci: Timbal (Pb), pekerja bengkel, eritrosit, hematokrit

ABSTRACT

Candra Wijaya (2025). The Relationship of Lead Levels in The Blood to The Number of Erythrocytes and Hematocrit Values in Workshop Workers. (Supervised by Thaslifa and Nuranianiyah Taufiq)

Lead (Pb) is a toxic heavy metal that can affect the hematopoietic system, including the formation of erythrocytes and hematocrit values. Workshop workers are at high risk of exposure to lead through inhalation, ingestion, and skin contact due to daily activities related to fuel, oil, and batteries. In this study, employees of a motorcycle repair shop on Jalan Antang Raya, Makassar, were asked to measure their blood lead levels, red blood cell counts, and hematocrit values. Analytical design and correlational methodology were used in this study. The research sample consisted of 36 workshop employees who met the inclusion requirements. Atomic absorption spectroscopy (AAS) is used to measure lead levels, and analytical hematology is used to measure hematocrit values and red blood cell counts. The data were analyzed by the Spearman correlation test. The results showed that the blood lead level of workshop workers exceeded the threshold value set by WHO, with an average of 7.12 $\mu\text{g/dL}$. The correlation value between lead levels and erythrocyte count was $r = -0.306$ ($p = 0.070$), while with hematocrit was $r = -0.233$ ($p = 0.172$). H_0 is acceptable because these results show a negative relationship between blood lead levels and the number of erythrocytes and hematocrits, but the relationship is not statistically significant ($p > 0.05$). Lead exposure in workshop workers has been found to potentially lower hematology parameters, although this effect has not been shown to be statistically significant in this study.

Keywords: Lead (Pb), Erythrocytes, Hematocrit, Workshop Worker



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN UMUM TENTANG LOGAM TIMBAL.....	5
A. Tinjauan Umum Tentang Logam Timbal	5
B. Tinjauan Umum Tentang Darah	25
C. Tinjauan Umum Tentang Hematokrit.....	28
D. Kerangka Teori	30
E. Kerangka Konsep.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
A. Rancangan Dan Jenis Penelitian	34
B. Desain penelitian.....	34

C. Lokasi Dan Waktu Penelitian	34
D. Variabel Penelitian.....	34
E. Hipotesis penelitian.....	35
F. Definisi Operasional	35
G. Alat Dan Bahan Penelitian.....	35
H. Populasi, Dan Sampel	36
I. Teknik Sampling.....	37
J. Prosedur Kerja	37
K. Teknik Pengumpulan Data.....	41
L. Analisa Data.....	41
M. Etika Penelitian	41

DAFTAR PUSTAKA 43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Karakteristik Logam Timbal	5
Gambar 2.2 Alat Spektrofotometri\.....	22
Gambar 2. 3 Skema Spektrofotometri Serapan Atom.....	23
Gambar 2. 4 Alat Hematology Analyzer.....	30
Gambar 2. 5 Kamar Hitung Neubauer	32
Gambar 2. 6 Alat Mikrosentrifugasi	34
Gambar 2. 8 Kerangka Konsep	38
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	39

DAFTAR SINGKATAN

AAS	=	<i>Atomic Absorption Spectrometer</i>
ALAD	=	<i>Amino Levunilic Acid Debydratse</i>
APD	=	Alat Pelindung Diri
BA	=	Berat Atom
BBM	=	Bahan Bakar Minyak
BJ	=	Berat Jenis
CDC	=	<i>Centralod Of Disease Control</i>
HB	=	Hemoglobin
HCT	=	Hematokrit
IQ	=	<i>intelligence Quotient</i>
IVA	=	Infeksi Visual Asam Asetat
NA	=	Nomor Atom
Pb	=	<i>Plubum</i>
Ppm	=	<i>Parts Per Million</i>
SPBU	=	Stasiun Pengisian Bahan Bakar
TEL	=	<i>Tetra Ethyl Lead</i>
TML	=	<i>Tetra Methyl Lead</i>
WHO	=	<i>World Health Organization</i>
Zn	=	Zink

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam ini banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk pada aktivitas bengkel, karena terdapat dalam bahan bakar, cat, pelumas, aki, dan komponen kendaraan bermotor. Paparan timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, ingesti, maupun kontak kulit. WHO menyatakan bahwa tidak ada ambang batas paparan timbal yang benar-benar aman bagi kesehatan manusia, karena meskipun pada kadar rendah, logam ini tetap dapat menimbulkan efek toksik secara kumulatif (WHO, 2021).

Di dalam tubuh, timbal memiliki afinitas tinggi terhadap jaringan tulang, ginjal, hati, dan darah. Salah satu target utama dari toksisitas timbal adalah sistem hematopoietik, khususnya proses pembentukan sel darah merah (eritrosit). Paparan timbal dapat menghambat *enzim δ -aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD) dan ferrokelatase yang berperan penting dalam sintesis hemoglobin, sehingga berpotensi menurunkan jumlah eritrosit dan kadar hematokrit. Akibatnya, pekerja yang terpapar timbal dalam jangka panjang berisiko mengalami anemia, gangguan transportasi oksigen, dan penurunan kapasitas kerja (Nurhayati, 2020).

Pekerja bengkel merupakan salah satu kelompok dengan risiko tinggi terpapar timbal. Hal ini disebabkan oleh lingkungan kerja yang kerap

berhubungan dengan knalpot kendaraan, oli bekas, serta proses perbaikan aki yang mengandung timbal. Penelitian oleh Nurhayati dkk. (2020) menunjukkan bahwa kadar timbal darah pekerja bengkel secara signifikan lebih tinggi dibandingkan masyarakat umum, dengan dampak berupa perubahan parameter hematologi. Penelitian lain oleh Agustina dkk. (2021) melaporkan adanya hubungan bermakna antara paparan timbal dan kadar hemoglobin serta hematokrit pada pekerja sektor otomotif.

Jumlah eritrosit dan hematokrit merupakan parameter penting dalam pemeriksaan darah rutin. Eritrosit berfungsi mengangkut oksigen ke seluruh jaringan, sedangkan hematokrit menggambarkan proporsi volume eritrosit terhadap plasma. Kedua parameter ini sering digunakan sebagai indikator gangguan hematologi akibat paparan zat toksik. Hubungan antara timbal dengan perubahan jumlah eritrosit dan hematokrit menjadi penting untuk diteliti, terutama pada kelompok pekerja bengkel yang berisiko tinggi terpapar logam tersebut (Agustina, 2021).

B. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah “apakah ada hubungan kadar timbal terhadap nilai jumlah eritrosit dan hematokrit pada pekerja bengkel motor di jalan Antang Raya Kota Makassar?”

C. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis hubungan kadar timbal terhadap nilai jumlah eritrosit dan hematokrit pada pekerja bengkel motor di jalan Antang Raya Kota Makassar.

D. Manfaat penelitian

1. Manfaat bagi peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan, melatih secara ilmiah dan dapat menjadi pengalaman yang berguna dalam menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama berada di bangku perkuliahan.

2. Manfaat bagi masyarakat

Sebagai bahan referensi dan dapat memberikan informasi bagi masyarakat tentang bahaya zat pencemar berupa timbal (pb) yang dapat berdampak buruk bagi Kesehatan tubuh.

3. Bagi Institusi

Sebagai sumber informasi dan referensi bagi mahasiswa Universitas Megarezky Makassar khususnya mahasiswa jurusan program studi DIII Teknologi Laboratorium medis yang akan melakukan penelitian tentang pada kadar timbal dan kadar hemoglobin dalam darah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Logam Timbal

1. Pengertian Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam berat berwarna perak kebiruan dengan titik leleh rendah dan biasanya ditemukan di alam berkombinasi dengan elemen lain dan memiliki sifat toksik meskipun dalam jumlah yang kecil. Timbal memiliki simbol Pb yang diambil dari kata bahasa latin plumbum dan memiliki nomor atom 82 yang dalam sistem periodik unsur terletak pada unsur golongan IV A dan periode ke 6 (ATSDR, 2020).

Dalam bahasa inggris timbal dikenal dengan istilah *lead*. Timbal (Pb) biasanya dimanfaatkan sebagai bahan dalam industri kendaraan bermotor, bahan bakar, cat bangunan, baterai, dan peralatan elektronik. Penggunaan timbal paling banyak ditemukan pada industri baterai dan kendaraan bermotor. Pb tidak terdegradasi di lingkungan, meskipun dapat berada dalam berbagai bentuk kimia. Partikel-partikel yang terkontaminasi dengan timbal dapat terangkut melalui udara, air, dan tanah (ATSDR, 2020).



Gambar 2. 1 Karakteristik Logam Timbal
Sumber: (Ii, 2017)

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena memiliki sifat persisten, artinya sulit diuraikan secara alami oleh lingkungan. Selain itu, timbal bersifat toksik, yaitu dapat menyebabkan efek merugikan terhadap kesehatan manusia maupun organisme lain meskipun dalam konsentrasi rendah. Timbal memiliki kemampuan untuk bertahan lama dalam lingkungan dan dapat masuk serta berakumulasi di dalam rantai makanan. Salah satu karakteristik berbahaya dari timbal adalah laju absorpsinya yang lambat di dalam tubuh. Hal ini menyebabkan logam ini tidak langsung dieliminasi, melainkan terakumulasi secara bertahap di berbagai jaringan tubuh. Semakin lama paparan berlangsung, maka semakin banyak pula timbal yang tertimbun di dalam tubuh, sehingga menimbulkan efek toksik secara kronis. Proses akumulasi ini menjadi faktor utama terjadinya keracunan timbal secara progresif. Keracunan akibat timbal tidak hanya berdampak lokal, tetapi juga sistemik, karena logam ini dapat menyebar dan mengendap pada berbagai organ vital. Organ yang paling umum terpapar dan menjadi tempat akumulasi logam ini meliputi aorta, hati (hepar), ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung, dan otak. Paparan jangka panjang terhadap timbal dapat menyebabkan gangguan metabolisme, fungsi saraf, reproduksi, serta kerusakan jaringan yang bersifat ireversibel. Dengan demikian, pemahaman mengenai sifat toksik dan kemampuan akumulasi timbal sangat penting sebagai dasar dalam upaya pencegahan, monitoring lingkungan, dan pengendalian risiko kesehatan akibat logam berat ini (Ii, 2017)

2. Sifat dan Toksitas Timbal

Timbal adalah logam berat yang lunak, tidak reaktif terhadap udara kering, tetapi reaktif dalam lingkungan asam, dan memiliki afinitas tinggi terhadap enzim penting dalam tubuh manusia (Suryatini & Rai, 2018)

Menurut (Suryatini & Rai, 2018) sifat timbal dibedakan menjadi 2 golongan yaitu:

a. Sifat kimia timbal

1) Stabil namun reaktif dalam kondisi tertentu:

Timbal relatif stabil terhadap oksidasi udara, namun bisa larut dalam asam kuat dan membentuk senyawa seperti timbal (II) nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dan timbal(II) asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$).

2) Berbilangan oksidasi +2 dan +4:

Timbal paling stabil dalam bentuk Pb^{2+} yang banyak ditemukan di lingkungan industri dan biologis. Dalam kondisi tertentu, juga bisa membentuk Pb^{4+} seperti pada senyawa tetraethyl lead (TEL), yang dulu digunakan dalam bensin bertimbal.

3) Afinitas terhadap gugus sulfhidril (-SH):

Pb^{2+} memiliki kemampuan untuk mengikat gugus -SH dalam struktur protein, termasuk enzim penting dalam tubuh. Hal ini menyebabkan kerusakan enzim, terutama yang terlibat dalam sintesis hemoglobin, seperti ALAD (*δ -aminolevulinic acid dehydratase*) dan *ferrochelatase*.

4) Tidak larut dalam air tapi larut dalam lingkungan asam:

Timbal tidak mudah larut di air netral, namun dalam lingkungan asam

(misalnya lambung manusia), dapat dengan mudah terlarut dan terserap ke dalam tubuh.

b. Sifat fisika timbal

1) Kepadatan tinggi (densitas besar):

Timbal memiliki massa jenis $11,34 \text{ g/cm}^3$, membuatnya tergolong logam berat.

2) Lunak dan mudah dibentuk (malleable & ductile):

Sifat ini membuat timbal mudah ditempa menjadi lembaran atau bentuk lain, menjadikannya populer dalam aplikasi industri (misalnya, kabel, pelapis, dan solder).

3) Konduktivitas listrik dan panas yang rendah:

Berbeda dari logam lain seperti tembaga atau aluminium, timbal adalah penghantar listrik dan panas yang buruk. Hal ini membuatnya cocok digunakan sebagai pelindung radiasi (seperti pelapis ruang sinar-X), karena tidak cepat panas.

4) Titik leleh rendah:

Timbal meleleh pada suhu sekitar $327,5^\circ\text{C}$, yang tergolong rendah di antara logam. Ini menjadikannya mudah dilebur dalam berbagai proses industri.

5) Warna dan penampilan:

Timbal murni berwarna abu-abu kebiruan dan akan menjadi kusam karena oksidasi di udara lembap, membentuk lapisan PbO pada permukaan logam

Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Amerika Serikat (*The US Centres for Disease Control and Prevention*) dan Organisasi Kesehatan Sedunia (*The World Health Organization*) menyatakan bahwa timbal dalam darah yang mencapai tingkat 10 µg/dl atau lebih dapat membahayakan kesehatan dan mengakibatkan amnesia. Timbal (Pb) adalah salah satu dari kelompok logam berat yang tidak mempunyai fungsi biologis sama sekali. Efek toksik utama timbal adalah sistem hematopoetik dan susunan saraf. Adanya timbal dalam darah menyebabkan anemia karena adanya hambatan pada *Asam Aminolevulinat Dehidratase* (ALAD) dan *Heme Sintesa* (HS) yang merupakan komponen dalam pembentukan sel darah merah (Suryatini & Rai, 2018)

Toksisitas timbal (Pb) menunjukkan gejala yang berbeda-beda sesuai dengan kadar racun, umur, individu, dan lamanya pajanan. Gejala dapat timbul sesudah beberapa minggu atau bulan seiring dengan peningkatan kadar timbal dalam tubuh. Biasanya gejala yang diakibatkan oleh keracunan timbal (Pb) organik lebih cepat dibandingkan timbal (Pb) anorganik. Pajanan timbal (Pb) yang tinggi diatas 80 µg/dL. dapat mengakibatkan ensefalopati. Kerusakan pada arteri dan kapiler mengakibatkan edema otak, meningkatkan tekanan cairan serebrospinal, degenerasi neuron, dan perkembangan sel glia. Kadar pajanan 40-50 µg/dl pada anak-anak dapat mengakibatkan hiperaktivasi, berkurangnya konsentrasi, dan penurunan IQ (Suryatini & Rai, 2018).

Gejala-gejala akibat keracunan timbal (Pb) yang disebabkan jika terpapar timbal yaitu, sakit perut, konvulsi, sakit kepala, kelelahan, sulit tidur, mual, penurunan berat badan, kehilangan pendengaran, kehilangan nafsu makan, otot lemah, sulit berkonsentrasi, anemia, kerusakan ginjal, koma, dan kematian. Keracunan akut menunjukkan tanda-tanda neurologis, sakit, melemahnya otot, sakit perut, muntah-muntah, diare, dan konstipasi. Keracunan kronik menunjukkan tanda-tanda pada pencernaan makanan, saraf otot, dan persarafan. Target utama dari toksisitas timbal adalah sistem persarafan sentral. Efek toksik timbal lainnya adalah potensi untuk menimbulkan karsinogenisitas pada ginjal, mengganggu fungsi reproduksi berupa kemandulan, aborsi, dan kematian neonatal (Suryatini & Rai, 2018).

3. Penggolongan Sumber pencemaran Timbal

Secara umum timbal (Pb) merupakan logam berat yang sering ditemukan di dalam tanah. Logam ini bersifat tidak memiliki rasa maupun bau, sehingga sulit terdeteksi tanpa alat khusus. Dalam kondisi tertentu, timbal dapat mengalami reaksi kimia yang menghasilkan senyawa lain, seperti timbal oksida dan timbal klorida. Timbal tidak hanya berasal dari proses alami, tetapi juga banyak dihasilkan oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, proses industri manufaktur, serta kegiatan pertambangan. Salah satu aktivitas pertambangan yang dapat menghasilkan timbal sebagai produk samping adalah penambangan batu bara (Bouida *et al.*, 2022).

Timbal dapat menyebabkan pencemaran udara. Diperkirakan 85% pencemaran timbal yang ada di udara berasal dari sisa gas buang dari pembakaran bahan bakar kendaraan yang belum bebas dari timbal. Asap kendaraan bermotor melepaskan timbal oksida berbentuk debu atau partikulat yang dapat terhirup dan masuk ke paru-paru Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1406/MENKES/SK/IX/2002, nilai ambang batas konsentrasi timbal dalam darah adalah 0,25 ppm (Susiani & Lestari, 2022)

Menurut (Abadin dkk., 2020), Sumber pencemaran timbal dibedakan menjadi 2 golongan yaitu:

- 1) Sumber Alami.

Salah satu sumber alami pencemaran timbal di lingkungan berasal dari proses pelapukan batuan yang secara alami mengandung unsur timbal. Seiring waktu, batuan-batuan ini bisa mengalami pengikisan akibat hujan, angin, atau perubahan suhu, sehingga melepaskan partikel timbal ke dalam tanah maupun air di sekitarnya. Selain itu, aktivitas vulkanik seperti letusan gunung berapi juga dapat menyumbang timbal ke atmosfer melalui abu vulkanik dan gas yang dilepaskan dari dalam bumi. Timbal yang tersebar di udara ini kemudian bisa jatuh kembali ke tanah atau permukaan air melalui proses deposisi. Tidak hanya itu, di wilayah yang tanahnya telah tercemar timbal, angin dapat menerbangkan debu-debu halus yang mengandung timbal, lalu menyebarkannya ke area yang lebih luas. Hal ini dapat menyebabkan penyebaran timbal yang

tidak terlihat secara kasat mata, namun tetap berpotensi masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan, makanan, atau air yang terkontaminasi.

2) Sumber dari Transportasi

Sumber pencemaran timbal yang berasal dari aktivitas manusia dikenal sebagai sumber antropogenik. Ini mencakup kegiatan seperti pertambangan, peleburan logam, dan pembakaran bahan bakar fosil. Selain itu, penggunaan produk sehari-hari yang mengandung timbal, seperti cat lama, baterai timbal-asam, pipa logam, dan peluru, juga menjadi penyumbang utama. Secara umum, sebagian besar pencemaran timbal di lingkungan berasal dari aktivitas manusia, terutama dari sektor industri dan kendaraan bermotor yang sebelumnya menggunakan bahan bakar bertimbal.

Timbal memiliki komponen-komponen yang mengandung halogen terbentuk selama pembakaran bensin karena kedalam bensin sering di tambahkan cairan anti letupan yang mengandung *scavenger* kimia. Penambahan *scavenger* bertujuan agar dapat bereaksi dengan komponen timbal yang tertinggal di dalam mesin sebagai akibat pembakaran bahan anti letup tersebut. Bahan yang ditambahkan ke dalam mesin tersebut jumlahnya berbeda-beda yang terdiri dari 62% terraetil-Pb, 18% etilen dibromida, 18% etilen dikloride, dan 2% bahan-bahan lainnya. Penambahan dari sekian banyak bahan yang digunakan ke dalam mesin, kurang lebih 70% diemisikan melalui knalpot dalam bentuk inorganik dan lain-lain (Niman A. Margareta, 2019).

4. Paparan Timbal (Pb) di Lingkungan

Konsentrasi tertinggi dari timbal di udara *ambient* ditemukan pada daerah dengan populasi yang padat, makin besar suatu kota maka makin tinggi konsentrasi timbal di udara *ambient*. Kualitas udara di jalan raya dengan lalu lintas yang sangat padat mengandung timbal yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara di jalan raya dengan kepadatan lalu lintas yang rendah.

Meskipun telah diberlakukan peraturan penghapusan penambahan timbal pada bensin, pada pengukuran kualitas udara di Kabupaten Sleman di tempat-tempat yang padat akan lalu lintas kendaraan mempunyai kandungan timbal yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang tidak padat lalu lintas kendaraan.

1) Dosis dan lama Pemaparan

Dosis (konsentrasi) yang besar dan pemaparan yang lama dapat menimbulkan efek yang berat dan dapat berbahaya. Sedangkan lamanya seseorang bekerja dalam sehari dapat juga mempengaruhi paparan Pb yang ada dalam darahnya. Menurut Kesuma, 12 lama pemaparan mempengaruhi kandungan timbal (Pb) dalam darah, semakin lama pemaparan akan semakin tinggi kandungan timbal.

2) Kelangsungan Pemaparan

Berat ringan efek timbal (Pb) tergantung pada proses pemaparan timbal yaitu pemaparan secara terus menerus (kontinyu) atau terputus-

putus (intermitten). Pemaparan terus menerus akan memberikan efek yang lebih berat dibandingkan pemaparan secara terputus-putus.

3) Jalur Pemaparan

Timbal (Pb) akan memberikan efek yang berbahaya terhadap kesehatan bila masuk melalui jalur yang tepat. Orang-orang dengan sumbatan hidung mungkin juga berisiko lebih tinggi, karena pernapasan lewat mulut mempermudah inhalasi partikel debu yang lebih besar. Setiap emisi kendaraan, pemaparan akan cenderung melalui inhalasi karena timbal yang dikeluarkan akan berbentuk gas (Ardillah, 2016)

5. Metabolisme Timbal dalam Tubuh

Timbal (Pb) merupakan logam berat toksik yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa jalur utama, yaitu inhalasi, ingestinya melalui saluran cerna, serta dalam jumlah kecil melalui kontak kulit. Pada individu yang bekerja di lingkungan dengan paparan timbal tinggi, seperti pekerja bengkel, jalur inhalasi menjadi rute utama. Partikel-partikel timbal yang terhirup melalui saluran pernapasan akan mencapai alveolus paru-paru dan diserap langsung ke dalam peredaran darah. Selain itu, jalur pencernaan juga menjadi sumber masuknya timbal, terutama ketika seseorang mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi atau tidak mencuci tangan setelah terpapar debu timbal. Proses absorpsi timbal di saluran cerna dipengaruhi oleh usia dan status nutrisi; anak-anak, misalnya, dapat menyerap timbal hingga 50% dari yang masuk, sedangkan pada orang dewasa hanya sekitar 10–15%,

dan akan meningkat bila tubuh kekurangan zat gizi seperti zat besi, kalsium, atau zinc (Rosita & Mustika, 2019).

Setelah diserap timbal akan terikat secara dominan pada eritrosit di dalam darah, sekitar 95% dari total timbal dalam darah berada di dalam sel darah merah. Timbal kemudian didistribusikan ke berbagai jaringan tubuh, termasuk jaringan lunak seperti otak, ginjal, dan hati, serta terakumulasi dalam jaringan keras seperti tulang dan gigi. Tulang merupakan tempat penyimpanan utama timbal dalam tubuh dan dapat menyimpan hingga 90% dari total beban timbal tubuh dalam jangka panjang. Dalam kondisi tertentu, timbal yang tersimpan dalam tulang dapat dilepaskan kembali ke sirkulasi darah, terutama pada kondisi peningkatan aktivitas tulang seperti kehamilan, menopause, atau patah tulang.

Berbeda dengan zat gizi lain, timbal tidak mengalami proses metabolisme seperti pemecahan atau sintesis, tetapi memberikan dampak toksik melalui interaksinya dengan proses biokimia tubuh. Salah satu efek utama dari timbal adalah kemampuannya mengganggu jalur biosintesis hemoglobin. Timbal menghambat aktivitas beberapa enzim penting, seperti *δ-aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD) dan *ferrochelatase*, yang berperan dalam pembentukan cincin hem. Akibatnya, produksi hemoglobin terganggu dan dapat menyebabkan anemia. Selain itu, timbal juga berdampak buruk pada sistem saraf pusat, ginjal, fungsi reproduksi, serta menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan sel (ATSDR, 2020).

Timbal dikeluarkan dari tubuh melalui proses ekskresi yang berlangsung lambat. Jalur utama ekskresi timbal adalah melalui urin, diikuti oleh feses, dan dalam jumlah yang lebih kecil melalui keringat, air liur, dan rambut. Namun, karena waktu paruh timbal dalam darah berkisar sekitar 30 hari, dan dalam tulang dapat mencapai lebih dari 20 tahun, maka paparan timbal bersifat akumulatif dan berisiko menyebabkan keracunan kronis bila tidak ditangani secara tepat (ATSDR, 2020).

6. Bahaya Timbal Terhadap Kesehatan

Timbal dapat memasuki tubuh manusia melalui berbagai jalur, antara lain lewat makanan, minuman, udara tercemar, maupun kontak langsung dengan kulit. Jalur utama masuknya timbal adalah melalui sistem pernapasan, terutama akibat aktivitas manusia yang menghasilkan polusi udara mengandung timbal. Contohnya adalah asap dari pembakaran material yang mengandung logam berat tersebut. Ketika timbal masuk melalui sistem pencernaan, hal ini dapat merangsang peningkatan produksi eritrosit. Setelah berada dalam aliran darah, timbal dapat dengan mudah berpindah dan terakumulasi di tulang maupun jaringan lunak seperti ginjal, otak, dan sumsum tulang. Konsentrasi timbal dalam tubuh bervariasi, tergantung pada kondisi fisiologis individu (Ardillah, 2016).

Konsentrasi timbal (Pb) dalam darah merupakan hal yang penting dalam evaluasi paparan terhadap timbal (Pb) karena membantu diagnosa keracunan dan dapat dipakai sebagai indeks paparan untuk menilai tingkat bahaya, baik terhadap orang yang terpapar melalui pekerjaan atau pada

masyarakat umum. Kadar timbal (Pb) dalam darah menggambarkan refleksi kesinambungan dinamis antara pemaparan, absorpsi, distribusi dan ekskresi sehingga merupakan salah satu indikator untuk mengetahui dan mengikuti pemaparan yang sedang berlangsung. Ratarata kadar normal timbal (Pb) dalam darah orang dewasa adalah 10-25 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ darah (Ardillah, 2016).

Proses penyerapan timbal melalui jalur pernapasan dipengaruhi oleh tiga mekanisme utama, yaitu deposisi (penumpukan partikel), pembersihan mukosilier, dan pembersihan alveoler. Deposisi partikel timbal di paru-paru paling banyak terjadi saat ukuran partikelnya sekitar 1 mikrometer, yang dapat mencapai 63%, sedangkan partikel berukuran lebih kecil seperti 0,11 mikrometer hanya terendapkan sekitar 39%. Pada individu yang sedang beristirahat, volume pernapasannya berkisar 10 liter per menit. Untuk mengeliminasi timbal yang terperangkap di paru-paru, diperlukan mekanisme pembersihan mukosilier, yaitu sistem gabungan antara gerakan lendir dan aktivitas silia. Sistem ini berperan dalam memindahkan partikel dari saluran pernapasan menuju area laring dan faring agar bisa dikeluarkan dari tubuh (Niman, 2019).

Menurut Vupputuri, kandungan timbal dalam darah sebanyak 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ juga dapat menaikkan tekanan darah sehingga 5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ dijadikan sebagai nilai ambang batas yang harus diwaspadai dan 55,3% responden penelitian ini mempunyai kandungan timbal dalam darah diatas nilai tersebut. Timbal (Pb) yang terabsorpsi akan didistribusikan ke sel darah, jaringan lunak dan tulang. Dalam darah timbal (Pb) yang ada di dalam darah akan

diekskresikan setelah 25 hari, timbal (Pb) yang di jaringan diekskresikan setelah 40 hari dan timbal di tulang diekskresikan setelah 25 tahun (Ardillah, 2016).

Paparan timbal (Pb) kronik sangat berdampak negatif terhadap system hematologi tubuh. Studi epidemiologi menunjukkan bahwa timbal (Pb) dapat menghambat sintesis heme dengan cara menghambat enzim sistesis heme khususnya δ -ALAD yang dapat berdampak pada penurunan hemoglobin darah dan terjadinya anemia mikrositik hipokromik. Paparan timbal kronik juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan indeks khususnya platelet (PLT) dan platelecrict (PCT) atau biasa dikenal dengan presentasi volume trombosit. Efek hematologi lain dari paparan timbal kronik yang ditemukan dalam studi epidemiologi adalah penurunan fungsi eritrosit yang disebabkan oleh penurunan aktivitas pirimidin 5-nukleotidase dan $\text{Ca}^{2+} / \text{Mg}^{2+}$ ATPase pada membran sel (Susiani & Lestari, 2022).

7. Faktor yang mempengaruhi pb dalam Darah

Ada beberapa factor yang dapat mempengaruhi timbal (Pb) dalam darah yaitu, (Ardilah, 2016):

a. Faktor yang mempengaruhi pekerja bengkel

1) Umur

Usia muda pada umumnya lebih peka terhadap aktivitas timbal, hal ini berhubungan dengan perkembangan organ dan fungsinya yang belum sempurna. Sedangkan pada usia tua kepekaannya lebih tinggi dari rata-rata orang dewasa, biasanya

karena aktivitas enzim biotransformasi berkurang dengan bertambahnya umur dan daya tahan organ tertentu berkurang terhadap efek timbal (Pb). Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi pula konsentrasi timbal yang terakumulasi pada jaringan tubuh (Ardillah, 2016).

Umur dan jenis kelamin mempengaruhi kandungan timbal (Pb) dalam jaringan tubuh seseorang. Semakin tua umur seseorang akan semakin tinggi pula konsentrasi timbal (Pb) yang terakumulasi pada jaringan tubuhnya. Jenis jaringan juga turut mempengaruhi kadar timbal (Pb) yang dikandung tubuh.

2) Status Kesehatan, status gizi dan tingkat kekebalan (imunologi).

Keadaan sakit atau disfungsi dapat mempertinggi tingkat toksisitas timbal atau dapat mempermudah terjadinya kerusakan organ. Malnutrisi, hemoglobinopati dan enzimopati seperti anemia dan defisiensi glukosa-6-fosfat dehidrogenase juga meningkatkan kerentanan terhadap paparan timbal. Kurang gizi akan meningkatkan kadar timbal yang bebas dalam darah (Ardillah, 2016).

Diet rendah kalsium menyebabkan peningkatan kadar timbal dalam jaringan lunak dan efek racun pada sistem hematopoietik. Diet rendah kalsium dan fosfor juga akan meningkatkan absorpsi timbal di usus. Defisiensi besi, diet

rendah protein dan diet tinggi lemak akan meningkatkan absorpsi timbal, sedangkan pemberian zink (Zn) dan vitamin C secara terus menerus akan menurunkan kadar timbal dalam darah, walaupun pajanan timbal terus berlangsung (Ardillah, 2016).

3) Jenis kelamin

Efek toksik pada laki-laki dan perempuan mempunyai pengaruh yang berbeda. Wanita lebih rentan daripada pria. Hal ini disebabkan oleh perbedaan faktor ukuran tubuh (fisiologi), keseimbangan hormonal dan perbedaan metabolisme (Ardillah, 2016).

4) Jenis jaringan

Kadar timbal (Pb) dalam jaringan otak tidak sama dengan kadar timbal dalam jaringan paru ataupun dalam jaringan lain. Timbal yang tertinggal di dalam tubuh, baik dari udara maupun melalui makanan/minuman akan mengumpul terutama di dalam skeleton (90-95%). Karena menganalisis (Pb) di dalam tulang cukup sulit, maka kandungan timbal (Pb) di dalam tubuh ditetapkan dengan menganalisis konsentrasi timbal (Pb) di dalam darah atau urin. Konsentrasi timbal (Pb) di dalam darah merupakan indikator yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) di dalam urin (Ardillah, 2016).

b. Faktor Perilaku

1) Kebiasaan Merokok

Rokok mengandung beberapa logam berat seperti Pb, Cd, dan sebagainya yang membahayakan bagi kesehatan. Konsumsi rokok setiap harinya akan meningkatkan resiko inhalasi timbal (Pb) akibat dari asap rokok tersebut. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Mormontoy, Gastanaga. yang menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antara polisi yang merokok dengan yang tidak merokok dalam hal kandungan timbal dalam darah (Ardillah, 2016).

2) Penggunaan APD

Alat pelindung diri merupakan alat yang dipakai oleh pekerja untuk memproteksi dirinya dari kecelakaan yang terjadi akibat pekerjaannya APD yang dimaksud untuk mengurangi absorpsi Pb adalah masker. Diharapkan dengan pemakaian APD ini dapat menurunkan tingkat risiko bahaya penyakit dari paparan timbal (Pb) yang dapat diakibatkan oleh pekerjaannya. Masker umumnya digunakan untuk melindungi (Ardillah, 2016).

Lingkungan dari kontaminan dari pengguna masker, misalnya para pekerja di industri makanan menggunakan masker untuk melindungi makanan dari kontaminasi air ludah pekerja, atau suster di rumah sakit menggunakan masker untuk melindungi pasien dari kontaminasi suster atau dokter. Karena masker tidak

fit ke wajah sehingga tidak bisa digunakan untuk melindungi pemakai. Sementara respirator harus fit ke wajah sehingga bisa melindungi pengguna dari kontaminan lingkungan (Ardillah, 2016).

8. Pemeriksaan timbal

Pekerjaan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah teknisi atau pekerja bengkel sepeda motor. Kelompok ini termasuk kategori pekerjaan yang memiliki risiko tinggi terhadap paparan logam berat seperti timbal. Penelitian ini menggunakan kriteria masa kerja minimal satu tahun, karena durasi kerja yang lebih lama dapat menyebabkan akumulasi timbal yang semakin tinggi dalam tubuh. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan darah dari para pekerja bengkel (Saputra dkk., n.d.)

Untuk menganalisis kadar timbal dalam sampel darah, digunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Teknik spektrofotometri ini merupakan metode analisis kuantitatif yang mengukur tingkat penyerapan cahaya monokromatik oleh suatu larutan berwarna. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang tertentu dengan bantuan monokromator, seperti prisma atau kisi difraksi, dan detektor berupa fototube.

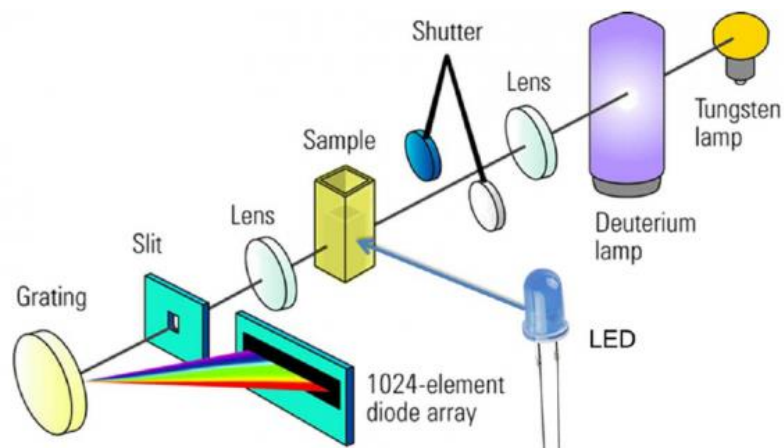


Gambar 2.2 Alat Spektrofotometri

Sumber: (Saputra dkk., n.d.)

Prinsip dasar dari metode spektrofotometri adalah ketika cahaya, baik yang bersifat monokromatik maupun campuran, mengenai suatu medium homogen, maka sebagian cahaya akan dipantulkan, sebagian lainnya diserap oleh medium tersebut, dan sisanya diteruskan. Intensitas cahaya yang berhasil diteruskan kemudian diukur dan dinyatakan sebagai nilai absorbansi. Nilai ini berkaitan langsung dengan konsentrasi dari sampel yang dianalisis. Berdasarkan Hukum Beer, terdapat hubungan linear antara absorbansi cahaya dengan konsentrasi serta ketebalan larutan atau media tempat cahaya tersebut melewati (Saputra dkk., n.d.).

Mekanisme kerja spektrofotometri Serapan Atom (SSA), dapat dilihat pada skema berikut.



Gambar 2. 3 Skema Spektrofotometri Serapan Atom
Sumber: (Amalullia. 2016)

Menurut Amalullia (2016) bagian-bagian spektrofotometri dan mekanisme kerjanya antara lain:

- a. Sumber cahaya: digunakan untuk analisa pada daerah sinar tampak yang menghasilkan sinar dengan panjang gelombang yang digunakan.
- b. Monokromator: Cahaya dari sumber diarahkan ke monokromator, seperti prisma atau kisi difraksi, yang akan memisahkan cahaya menjadi panjang gelombang tertentu. Alat ini kemudian memilih satu panjang gelombang (monokromatis) yang sesuai dengan absorbansi maksimum dari zat yang dianalisis.
- c. Sel (kuvet): cahaya monokromatis kemudian diarahkan melewati sampel dalam kuvet (tabung kecil dari kaca atau kuarsa). Di sini, sebagian cahaya akan diserap oleh zat dalam larutan, dan sisanya diteruskan.
- d. Detektor: cahaya yang keluar dari kuvet kemudian diterima oleh detektor (biasanya *photodiode* atau *photomultiplier*), yang mengukur intensitas cahaya yang diteruskan (transmitansi).

- e. *Read out*: sistem pencatatan hasil. Pencatatan dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi.

Kelebihan spektrofotometri serapan atom adalah prosesnya sangat sederhana dan cepat, oksidasi berlangsung terus menerus serta unsur-unsur yang diperoleh mudah larut sehingga dapat diidentifikasi dengan metode analisa tertentu. Selain itu, metode ini juga memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dan memiliki kepekaan terhadap jumlah yang sangat kecil, serta mudah dan cepat untuk dilakukan. Meski prosesnya mudah dilakukan, namun hasil dari pengukuran yang diperoleh sangat teliti (Rosita & Mustika, 2019)

Kelemahan dari Spektrofotometri Serapan Atom yaitu ketika menganalisis logam dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), logam membutuhkan satu lampu katoda karena jika menggunakan lampu katoda yang berbeda akan menghasilkan panjang gelombang radiasi elektromagnetik yang berbeda.

Dalam analisis laboratorium, terutama untuk mendeteksi logam berat seperti timbal (Pb) dalam sampel biologis (darah), proses preparasi sampel merupakan tahap krusial yang menentukan akurasi dan validitas hasil pengujian. Oleh karena itu, diperlukan tahap destruksi, yaitu proses penghancuran komponen organik dalam sampel dan pelarutan unsur logam ke dalam larutan, agar siap untuk dianalisis. Destruksi ini dapat dilakukan melalui dua metode utama, yaitu destruksi basah (*wet digestion*) dan destruksi kering (*dry ashing*).

a. Destruksi Basah

Pencernaan basah adalah proses penguraian sampel yang mengandung asam kuat, secara individu atau campuran, dan kemudian dioksidasi dengan zat pengoksidasi. Pelarut yang dapat digunakan untuk pencernaan basah antara lain asam nitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat (HClO_4) dan asam klorida (HCl). Proses destruksi akan menghasilkan larutan destruksi yang jernih, yang berarti perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik. Senyawa-senyawa yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa garam yang stabil dan dapat disimpan beberapa hari (Asmorowati dkk, 2020).

Prinsip destruksi basah adalah menggunakan asam nitrat untuk menguraikan bahan organik pada suhu rendah untuk mengurangi kehilangan mineral melalui penguapan. Pada tahap selanjutnya, proses ini seringkali berlangsung sangat cepat karena pengaruh asam perklorat atau peroksida terhidrasi, Umumnya, pencernaan basah digunakan untuk analisis arsenik, tembaga, timbal, dan seng. Destruksi basah terbagi atas dua cara kerja, yaitu destruksi basah menggunakan HNO_3 , dan destruksi basah menggunakan asam nitrat (HNO_3) dan asam perklorat (HClO_4) (Asmorowati dkk., 2020).

9. Hukum Lambert-Beer

Hukum Beer–Lambert, yang juga dikenal sebagai Hukum Bouguer–Beer–Lambert, merupakan prinsip dasar yang sangat penting dalam bidang spektroskopi. Hukum ini menjelaskan hubungan matematis antara absorbansi cahaya oleh suatu larutan dengan konsentrasi zat yang menyerap cahaya serta

panjang lintasan cahaya yang melaluinya. Secara khusus, hukum ini menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi suatu zat dalam larutan, maka semakin besar pula cahaya yang diserap oleh larutan tersebut, asalkan panjang gelombang cahaya dan panjang lintasan cahaya tetap konstan (Mayerhöfer dkk., 2020).

Prinsip ini banyak dimanfaatkan dalam analisis kuantitatif di berbagai cabang ilmu, seperti kimia analitik, biokimia, farmasi, hingga ilmu lingkungan. Salah satu aplikasi paling umum dari hukum ini adalah pada metode spektrofotometri sinar ultraviolet dan tampak (UV-Vis), yang digunakan untuk mengukur konsentrasi zat terlarut dalam sampel berdasarkan intensitas cahaya yang diserapnya. Keunggulan metode ini terletak pada kecepatan, keakuratan, dan kemampuannya untuk menganalisis sampel tanpa merusaknya, sehingga sangat cocok untuk analisis rutin di laboratorium penelitian maupun industry (Mayerhöfer dkk., 2020).

Rumus dasar dalam Hukum Beer-Lambert menyatakan bahwa jumlah cahaya yang diserap oleh suatu larutan bergantung pada seberapa pekat larutan tersebut dan seberapa jauh cahaya harus menempuh jalannya melalui larutan. Secara matematis, rumus ini dituliskan sebagai:

$$A = \epsilon \times c \times l$$

Penjelasannya:

- a. **A** adalah absorbansi, yaitu seberapa banyak cahaya yang diserap oleh larutan.

- b. ϵ merupakan suatu angka tetap yang disebut molar absorptivitas, yang menunjukkan seberapa kuat suatu zat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu.
- c. c adalah konsentrasi zat dalam larutan, atau bisa dibilang seberapa banyak zat yang larut dalam satu liter cairan.
- d. l adalah panjang lintasan cahaya saat melewati larutan, biasanya diukur dalam sentimeter.

Dalam praktiknya, absorbansi ini diukur dengan melihat perbandingan antara cahaya yang masuk ke larutan dan cahaya yang keluar setelah melewatinya. Semakin besar perbedaannya, berarti semakin banyak cahaya yang diserap. Secara rumus, hal ini bisa ditulis sebagai:

$$A = \log_{10}(I_0 / I)$$

Di mana I_0 adalah intensitas cahaya sebelum melewati larutan, dan I adalah intensitas setelah melewatinya. Jadi, hukum ini membantu kita mengetahui berapa banyak zat yang ada dalam larutan hanya dengan mengukur seberapa gelap atau terang cahaya yang keluar (Delgado, 2022)

Hukum ini bekerja dengan baik hanya dalam kondisi tertentu, terutama jika larutan yang diuji masih cukup encer. Kalau larutannya terlalu pekat, hasilnya bisa mulai melenceng dari teori. Ini bisa terjadi karena molekul-molekul di dalam larutan saling berinteraksi satu sama lain, menyebabkan cahaya tidak lagi merambat secara ideal. Selain itu, cahaya juga bisa tersebar ke berbagai arah atau bahkan terserap terlalu banyak karena saturasi. Perubahan dalam sifat optik larutan, seperti indeks bias, juga bisa

memengaruhi seberapa akurat hasil pengukuran yang diperoleh (Mayerhöfer dkk., 2020).

B. Tinjauan Umum Tentang Eritrosit

Eritrosit atau sel darah merah adalah komponen utama dalam darah yang berperan penting dalam proses transportasi oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, serta membawa karbon dioksida dari jaringan kembali ke paru-paru untuk diekskresikan. Sel ini memiliki bentuk bikonkaf (cekung di tengah), tanpa inti, yang memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam menelusuri pembuluh darah kapiler yang sempit dan memperbesar luas permukaan untuk difusi gas (Hoffbrand, A. V., & Moss, 2019).

Produksi eritrosit terjadi di sumsum tulang merah melalui proses eritropoiesis yang dikendalikan oleh hormon eritropoietin dari ginjal. Proses ini akan meningkat ketika tubuh mengalami hipoksia atau kekurangan oksigen. Eritrosit memiliki umur rata-rata 120 hari, setelah itu akan dihancurkan di limpa dan hatinya oleh sistem retikuloendotelial. Hemoglobin yang terdapat dalam eritrosit mengandung zat besi, dan mampu berikatan secara reversibel dengan oksigen, menjadikannya molekul utama dalam proses respirasi seluler (Hoffbrand, A. V., & Moss, 2019).

Nilai normal jumlah eritrosit dalam darah bervariasi berdasarkan jenis kelamin dan usia. Untuk laki-laki dewasa, kisarannya adalah 4,7–6,1 juta/ μL dan untuk perempuan dewasa 4,2–5,4 juta/ μL . Penurunan jumlah eritrosit dapat mengindikasikan anemia, sementara peningkatannya dapat terjadi pada

kondisi seperti polisitemia, dehidrasi, atau adaptasi ketinggian (Organization, 2017).

Paparan logam berat seperti timbal (Pb) dapat mempengaruhi proses pembentukan dan masa hidup eritrosit. Timbal diketahui menghambat aktivitas beberapa enzim penting dalam sintesis hem, seperti δ -aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) dan ferrochelataze, yang menyebabkan anemia dan gangguan produksi eritrosit. (Organization, 2017).

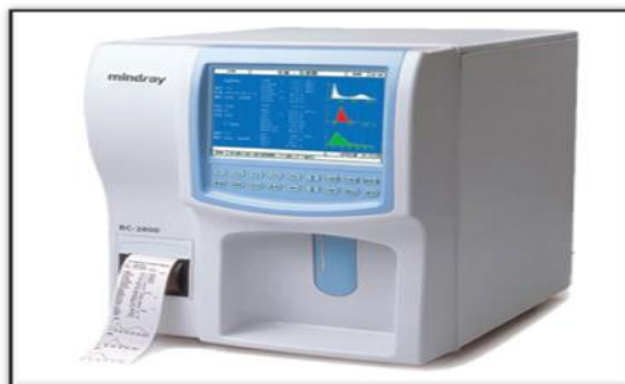
1. Metode Pemeriksaan Eritrosit

Pemeriksaan jumlah eritrosit dalam darah dapat dilakukan dengan dua metode utama, yaitu:

a. Hematology Analyzer

Dalam penelitian terkait dampak paparan timbal terhadap darah, peneliti menggunakan Hematology Analyzer sebagai alat bantu utama. Meskipun alat ini tidak dirancang untuk mendeteksi unsur logam berat secara langsung seperti timbal (Pb), namun hematology analyzer berfungsi untuk menganalisis berbagai parameter hematologi, seperti jumlah sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), trombosit, kadar hemoglobin dan hematokrit. Paparan timbal dalam tubuh dapat menyebabkan perubahan pada parameter-parameter tersebut, khususnya penurunan kadar hematokrit dan jumlah eritrosit. Oleh karena itu, analisis menggunakan hematology analyzer tetap

relevan dalam mengidentifikasi dampak biologis dari paparan timbal pada sistem darah.



Gambar 2. 4 Alat Hematology Analyzer
Sumber : (Sinatra dkk., 2020)

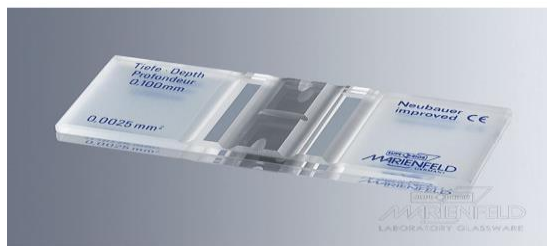
Prinsip kerja metode pemeriksaan dengan alat hematology analyzer berdasarkan prinsip *Electrical impedance*. Prinsip dasar electrical impedance (impedansi listrik) adalah hambatan total terhadap arus bolak-balik (alternating current/AC) dalam suatu medium, yang terdiri dari komponen resistif (R) dan reaktif (kapasitif atau induktif, X). Besaran ini dinyatakan sebagai bilangan kompleks di mana adalah unit imajiner yang menunjukkan pergeseran fase antara arus dan tegangan. Pada sistem biologis, seperti sel darah atau jaringan tubuh, impedansi berubah tergantung pada struktur membran, kandungan ionik, serta volume sel, sehingga teknik ini banyak digunakan untuk deteksi non-invasif sifat fisiologis. Penggunaan electrical impedance spectroscopy (EIS) memungkinkan pengukuran impedansi pada berbagai frekuensi untuk mengidentifikasi karakteristik dielektrik spesifik dari suatu

sampel biologis, termasuk resistansi cairan dan kapasitansi membran sel

Mekanisme pengukuran impedansi listrik dalam sampel darah menggunakan pendekatan electrochemical impedance spectroscopy (EIS) yang melibatkan pemaparan darah terhadap arus bolak-balik berfrekuensi variatif. Dalam metode ini, dua elektroda digunakan untuk mengalirkan arus melalui darah, dan perubahan tegangan diukur untuk menentukan impedansi total. Saat frekuensi rendah diaplikasikan, arus terutama mengalir di sekitar sel karena membran sel bersifat kapasitif dan menghambat aliran listrik, menghasilkan dominasi resistansi cairan ekstraseluler. Sebaliknya, pada frekuensi tinggi, medan listrik mampu menembus membran sel, memungkinkan arus melintasi sitoplasma dan mencerminkan kapasitansi membran serta konduktivitas intraseluler. Hasil pengukuran kemudian dimodelkan dalam bentuk rangkaian ekuivalen listrik untuk mengevaluasi resistansi, kapasitansi, dan parameter dielektrik darah secara akurat (Zhbanov, A., & Yang, S. 2017).

b. Kamar Hitung Hemositometer

Metode ini menggunakan mikroskop dan larutan pengencer khusus. Digunakan terutama di laboratorium dengan keterbatasan alat atau sebagai pembanding terhadap hasil otomatis. Pemeriksaan ini membutuhkan keahlian teknis dan ketelitian yang tinggi karena sangat rentan terhadap kesalahan manusia.



Gambar 2. 5 Kamar Hitung Neubauer

Sumber : (Kassebaum, 2021)

Prinsip kerja dari kamar hitung hemositometer adalah berdasarkan perhitungan sel secara langsung di bawah mikroskop dalam volume tertentu dari sampel darah yang telah diencerkan. Alat ini terdiri dari slide kaca tebal khusus yang memiliki ruang hitung mikroskopis dengan jaring-jaring (grid) pada permukaannya. Grid ini telah dikalibrasi dengan ukuran dan volume yang diketahui, sehingga memungkinkan dilakukan perhitungan konsentrasi sel per satuan volume darah (Kassebaum, 2021).

Sebelum dilakukan penghitungan, darah diencerkan terlebih dahulu menggunakan cairan pengencer khusus sesuai jenis sel yang akan dihitung. Untuk eritrosit, biasanya digunakan cairan Hayem atau NaCl isotonik yang berfungsi menjaga integritas sel serta mempermudah visualisasi di bawah mikroskop. Sampel yang telah diencerkan kemudian ditetaskan ke kamar hitung dan dibiarkan selama beberapa menit agar sel menyebar merata (Kassebaum, 2021).

Setelah itu, pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop cahaya, dan jumlah sel dalam area tertentu dari grid dihitung. Dengan mengetahui faktor pengenceran dan volume ruang hitung, maka jumlah total sel dalam satuan volume (misalnya sel/ μL atau sel/ mm^3) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah sel}/\mu\text{L} = (\text{Jumlah sel yang dihitung} \times \text{faktor pengenceran} \times 10) \div \text{luas area yang dihitung}$$

Metode ini sangat bergantung pada ketelitian teknis, kestabilan preparat, dan kondisi alat optik. Meskipun telah banyak digantikan oleh alat hematologi otomatis, pemeriksaan manual dengan kamar hitung masih relevan digunakan sebagai metode verifikasi atau alternatif di laboratorium dengan keterbatasan sumber daya (Kassebaum, 2021).

C. Tinjauan Umum Tentang Hematokrit

Pemeriksaan Hematokrit (Ht) didefinisikan sebagai volume (dalam milliliter) sel darah merah (SDM) yang ditemukan dalam 100 ml (1 dl) darah, dihitung dalam presentase (%). Pemeriksaan nilai hematokrit digunakan sebagai tes skrining sederhana untuk anemia, sebagai referensi kalibrasi untuk metode otomatishitung sel darah dan untuk membimbing keakuratan pengukuran hemoglobin. Nilai hematokrit dari sampel adalah perbandingan antara volume eritrosit dengan volume darah secara keseluruhan. Nilai hematokrit dapat dinyatakan presentase (konvensional) atau sebagai pecahan desimal (unit SI), liter/liter (L/L). Waktu pengambilan darah pada pemeriksaan

hematokrit memengaruhi nilai hematokrit dan pada usia responden mempengaruhi pemeriksaan hematokrit (Utari dkk., 2018)

Hematokrit (Ht) ialah volume sel darah merah dalam 100 ml darah, dihitung sebagai persentase. Pengukuran ini sesuai dengan persentase sel darah merah dalam darah setelah sentrifugasi sampel. Hematokrit atau "packed cell volume" ialah istilah yang mengacu pada persentase sel darah merah dalam volume darah (Syarif & Ayuningsih, 2020).

1. Metode pemeriksaan Hematokrit

Pemeriksaan hematokrit dilakukan untuk mengetahui persentase volume sel darah merah (eritrosit) terhadap volume total darah. Ada dua metode utama yang umum digunakan, yaitu:

a. Metode manual

a. Mikrohematokrit

Pada metode ini, darah yang sudah dicampur dengan antikoagulan dimasukkan ke dalam tabung kapiler. Setelah itu, tabung disentrifugasi dengan kecepatan tinggi (10.000–15.000 rpm selama 5 menit). Gaya sentrifugal akan memisahkan komponen darah sesuai dengan massa jenisnya: eritrosit berada di dasar tabung, plasma di bagian atas, dan lapisan tipis leukosit-trombosit (buffy coat) di antara keduanya. Nilai hematokrit kemudian ditentukan dengan menghitung perbandingan tinggi kolom eritrosit terhadap tinggi seluruh darah dalam tabung (Rodak,2016).

Mekanisme metode ini sederhana: semakin banyak eritrosit yang mengendap, semakin tinggi nilai hematokrit yang terbaca. Kelebihannya adalah cepat, praktis, dan hanya memerlukan sedikit darah, namun kekurangannya adalah risiko kesalahan jika terdapat plasma yang ikut terjebak di antara sel darah merah (Rodak,2016).

b. Makrohematokrit

Pada metode wintrobe, darah dimasukkan ke dalam tabung khusus (wintrobe tube) kemudian disentrifugasi dengan kecepatan lebih rendah (sekitar 3.000 rpm selama 30 menit). Setelah pemisahan, volume eritrosit dapat langsung dibaca dari skala pada tabung. Mekanisme pemisahan sama seperti metode mikrokapiler, tetapi akurasinya lebih rendah karena seringkali terjadi plasma trapping. Selain itu, metode ini membutuhkan volume darah yang lebih banyak serta waktu yang lebih lama (Rodak,2016).

b. Metode hematologi analyzer

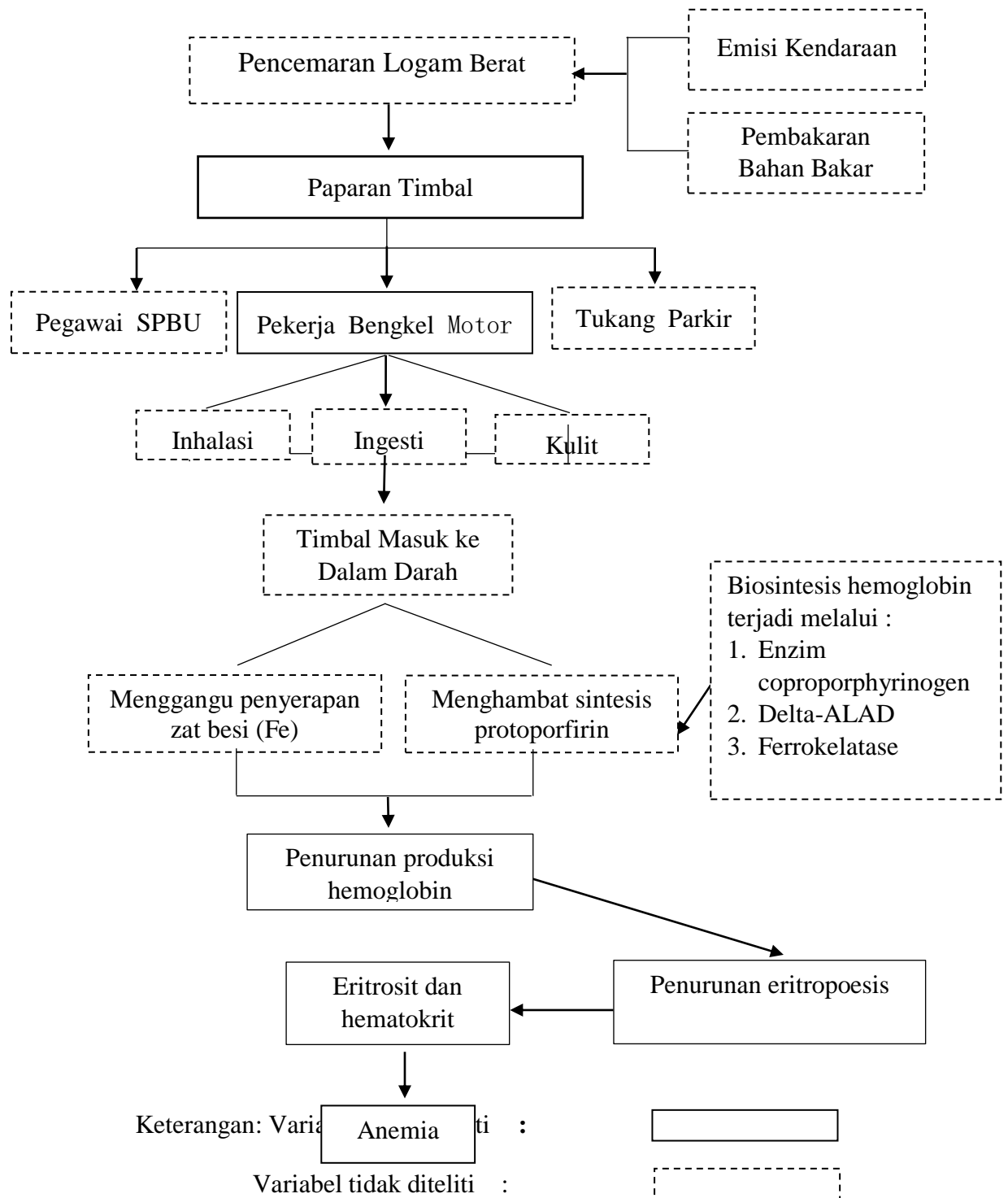
Pemeriksaan hematokrit dengan metode electrical impedance didasarkan pada prinsip bahwa sel darah memiliki kemampuan menghambat aliran arus listrik bolak-balik (AC) ketika dialirkan melalui media konduktif. Dalam teknik ini, sampel darah dialirkan melalui suatu aperture sempit yang berada di antara dua elektroda. Ketika sel darah merah melewati aperture tersebut satu per satu, terjadi perubahan resistansi listrik karena tubuh sel tidak menghantarkan listrik sebaik plasma. Setiap perubahan resistansi yang

terdeteksi mencerminkan keberadaan satu sel, sehingga memungkinkan untuk menghitung jumlah dan volume sel darah. Nilai hematokrit kemudian dihitung secara otomatis berdasarkan total volume sel darah merah yang terdeteksi dibandingkan dengan volume total darah. Metode ini banyak digunakan karena mampu memberikan hasil yang cepat, akurat, dan dapat diintegrasikan ke dalam sistem hematologi otomatis (Rodak,2016).

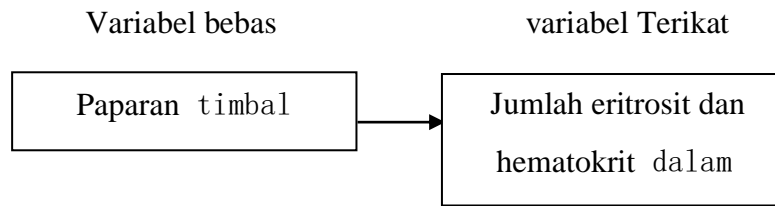
D. Kerangka Teori

Paparan logam berat, khususnya timbal (Pb), umumnya berasal dari emisi kendaraan bermotor dan proses pembakaran bahan bakar. Paparan ini berdampak langsung terhadap kelompok pekerja yang memiliki risiko tinggi, seperti pegawai SPBU, pekerja bengkel motor, dan tukang parkir. Jalur masuk timbal ke dalam tubuh dapat terjadi melalui tiga rute utama, yaitu inhalasi (pernapasan), ingesti (saluran cerna), dan penyerapan melalui kulit. Setelah timbal masuk ke dalam aliran darah, zat ini mulai mengganggu berbagai proses fisiologis. Salah satu dampaknya adalah terganggunya penyerapan zat besi (Fe) dan terhambatnya sintesis protoporfirin yaitu komponen penting dalam pembentukan hemoglobin. Proses biosintesis hemoglobin sendiri melibatkan enzim-enzim seperti coproporphyrinogen, delta-aminolevulinic acid dehydratase (Delta-ALAD), dan ferrochelatase, yang semuanya dapat dihambat oleh keberadaan timbal. Akibat dari gangguan tersebut, produksi hemoglobin dalam tubuh menurun secara signifikan. Penurunan ini juga berdampak pada proses eritropoiesis, yaitu

pembentukan sel darah merah. Akibat lanjutannya adalah menurunnya jumlah eritrosit dan nilai hematokrit dalam darah. Jika kondisi ini berlangsung terus-menerus tanpa intervensi, maka individu yang terpapar berisiko tinggi mengalami anemia, yaitu kondisi kekurangan sel darah merah yang sehat dalam tubuh.



Gambar 2. 6 Kerangka Teori

E. Kerangka Konsep**Gambar 2. 7 Kerangka Konsep**

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Dan Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan yaitu penelitian analitik serta uji laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dan Metode *colorimetri*.

B. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif desain korelasi yaitu untuk mengukur, menguji hipotesis, dan mengetahui hubungan atau pengaruh antar variabel secara objektif.

C. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 27 Mei – 4 juni tahun 2025 bertempat di Laboratorium Klinik Pratama Megarezky Makassar, dan di Laboratorium Sains Teknologi UIN Alauddin Makassar.

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian adalah paparan timbal pada pekerja bengkel.

2. variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian adalah kadar eritrosit dan hematokrit dalam darah

E. Hipotesis Penelitian

Hipotesis Penelitian adalah terdapat pengaruh paparan timbal terhadap kadar Eritrosit dan hematokrit dalam darah pada pekerja bengkel motor di Jalan Antang Raya Kota Makassar.

F. Definisi Operasional

1. Pekerja bengkel adalah pekerja yang memiliki tanggung jawab untuk melayani secara langsung konsumen dalam perbaikan sepeda motor.
2. Timbal (Pb) merupakan logam yang lunak memiliki warna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi⁺², timbal bersifat toksik bagi manusia, timbal dapat mempengaruhi sistem saraf, ginjal, dan darah. Ambang batas timbal dalam darah yaitu $\leq 0,5 \mu\text{g/dL}$.
3. Eritrosit adalah sel darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen ke seluruh tubuh. Dalam penelitian ini, jumlah eritrosit diukur menggunakan alat Hematology Analyzer dengan metode impedansi listrik (electrical impedance). Nilai normal eritrosit berkisar antara 3,80–5,80 juta/ μL untuk pria.
4. Hematokrit adalah persentase volume sel darah merah terhadap total volume darah. Dalam penelitian ini, nilai hematokrit diukur menggunakan

Hematology Analyzer secara otomatis. Nilai normal hematokrit berkisar antara 35–50% untuk pria.

G. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat spektrofotometri serapan atom (SSA) Varian AA 240 FS, Hematologi analyzer hemax SM- 660, neraca analik, tabung EDTA, lemari asam, labu ukur 100 mL, labu ukur 50 mL, pipet ukur, pipet volume, *hot plate*, *beaker glass*, rak buret, botol vial, gelas ukur 100 mL, buret, corong, tourniquet, *Erlenmeyer*, dan tabung reaksi.

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah HNO₃ 6%, aquades, larutan standar timbal, sampel darah vena pekerja bengkel, spoit, kertas saring, kapas alkohol 70%, henskun, dan plester.

H. Populasi Dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja bengkel di sepanjang Jalan Antang Kota Makassar. Berdasarkan survei yang telah dilakukan jumlah populasi keseluruhan pekerja bengkel adalah 40 orang.

2. Sampel

Sampel dalam penelitian adalah pekerja bengkel di sepanjang Jalan Antang Kota Makassar sesuai dengan kriteria sebagai berikut:

a. Kriteria Inklusi

1. Bersedia menjadi responden, mengisi *kuisisioner* dan menandatangani *informed consent*.
2. Memiliki masa kerja minimal 1 tahun

b. Kriteria Eksklusi

- 1) Volume darah terlalu sedikit
- 2) Pekerja yang memiliki riwayat penyakit paru paru, gangguan pernapasan dan penyakit ginjal.

I. Teknik Sampling

Pengambilan sampel keseluruhan populasi sebanyak 40 orang yang kemudian disesuaikan dengan kriteria penelitian yang didapatkan sebanyak 36 sampel dari pekerja bengkel sepanjang Jalan Antang raya Kota Makassar.

J. Prosedur Kerja

1. Pemeriksaan Eritrosit dan Hematokrit

a. Pra Analitik

Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan kemudian tangan dicuci bersih dan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), dilakukan perkenalan diri terlebih dahulu dan menyampaikan maksud serta tujuan dari tindakan yang akan dilakukan kemudian memberikan kusioner kepada masing-masing responden, melakukan proses pengambilan darah vena, masukkan kedalam tabung EDTA sampel darah, plester bekas

pengambilan darah, tabung diberikan label identitas sampel, sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan hemoglobin.

b. Analitik

Prinsip alat Colorimetri adalah metode analisis kuantitatif yang digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu zat dalam larutan berdasarkan intensitas warna yang terbentuk setelah direaksikan dengan reagen tertentu.

- 1) Pemeriksaan eritrosit dan hematokrit dengan alat hematologi analyzer
 - a) Sampel darah dihomogenkan dengan membalik tabung secara perlahan.
 - b) Buka tutup tabung EDTA dan masukkan tabung kedalam selang penghisap.
 - c) Tunggu panel hingga darah terpipet dan terdengar bunyi beep.
 - d) Alat akan melakukan pemeriksaan secara otomatis.
 - e) Hasil akan muncul di layar monitor, tutup kembali tabung EDTA

c. Pasca Analitik

Dilakukan pencatatan dan pendokumentasian hasil. Dibersihkan alat dan bahan yang sudah selesai digunakan, kemudian dilakukan tindakan pencucian tangan dengan bersih, setelah itu dilepaskan Alat Pelindung Diri (APD) dan rapikan. Nilai rujukan Eritrosit yaitu 4,5-5,9 juta/ μ l dan Hematokrit yaitu 40-54%

2. Pemeriksaan Timbal

a. Pra Analitik

Alat dan bahan yang akan digunakan disiapkan kemudian tangan dicuci bersih dan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), dilakukan perkenalan diri terlebih dahulu dan menyampaikan maksud serta tujuan dari tindakan yang akan dilakukan kemudian memberikan kusioner kepada masing-masing responden, melakukan proses pengambilan darah vena, masukkan kedalam tabung EDTA sampel darah, plester bekas pengambilan darah, tabung diberikan label identitas sampel, sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kadar timbal (Pb)

b. Analitik

Prinsip kerja spektrofotometri adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu *medium homogeny*, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu dan sisanya diteruskan.

1) Preparasi sampel dengan destruksi basah

- a) Sampel darah dipipet sebanyak 2 mL kemudian dimasukkan ke dalam *Erlenmeyer*.
- b) Sampel darah dilarutkan dengan HNO₃ 6% sebanyak 5 mL. dan Aquadest sebanyak 50 mL di dalam *Erlenmeyer*.
- c) Sampel dipanaskan dalam lemari asam menggunakan *hotplate* sampai volume setengah atau asap putih
- d) Sampel disaring dengan kertas *Wtatman* (Kertas Saring)

- e) Sampel di pipet ke dalam labu ukur 50 mL, dan tambahkan aquades sampai tanda batas labu ukur 50 mL
 - f) Hasil saringan dihomogenkan dan dimasukkan kedalam botol vial.
- 2) Pengukuran kadar timbal (Pb) dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
- a) Disiapkan hasil sampel yang telah didestruksi.
 - b) Urutkan sesuai dengan nomor kode sampel dan larutan standar.
 - c) Deret larutan standard Fe 0, 0.5, 1, 0.5, 2.5, dan 4 ppm.
 - d) Larutan diukur untuk menganalisis logam timbal (Pb) menggunakan alat spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3 nm.
 - e) Hasil konsentrasi logam timbal (Pb) pada sampel darah.
 - f) Hasil akan tertera di layar hasil pemeriksaan.

Rumus timbal:

$$Y = \frac{a - b}{m}$$

Keterangan : Y = nilai konsentrasi

a = absorbansi

b = nilai intersep

m = nilai gradien/ slope

$$\text{Kadar pb} = \frac{C \times v \times Fp}{\text{jumlah sampel}}$$

Keterangan: c = konsentrasi

V = volume labu ukur

Fp = faktor pengenceran

c. Pasca Analitik

Dilakukan pencatatan dan pendokumentasian hasil. Hasil absorbansi diolah menjadi kadar sampel, dibersihkan alat dan bahan yang sudah selesai digunakan, kemudian dilakukan tindakan pencucian tangan dengan bersih, setelah itu dilepaskan Alat Pelindung Diri (APD) dan rapikan. Nilai ambang batas timbal dalam darah adalah $\leq 0,5$ g/dL.

K. Pengumpulan Data

Data diperoleh berdasarkan wawancara langsung dengan responden dan pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS) dan hematologi analyzer.

L. Analisa Data

Analisa data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat Spektrofotometer serapan Atom (SSA) dan hematologi analyzer. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk narasi dan tabel dan menggunakan uji statistik.

M. Etika Penelitian

1. *Informed consent*

Dalam penelitian yang bersifat deskriptif dibutuhkan lembar persetujuan dari responden untuk melakukan pengambilan sampelnya.

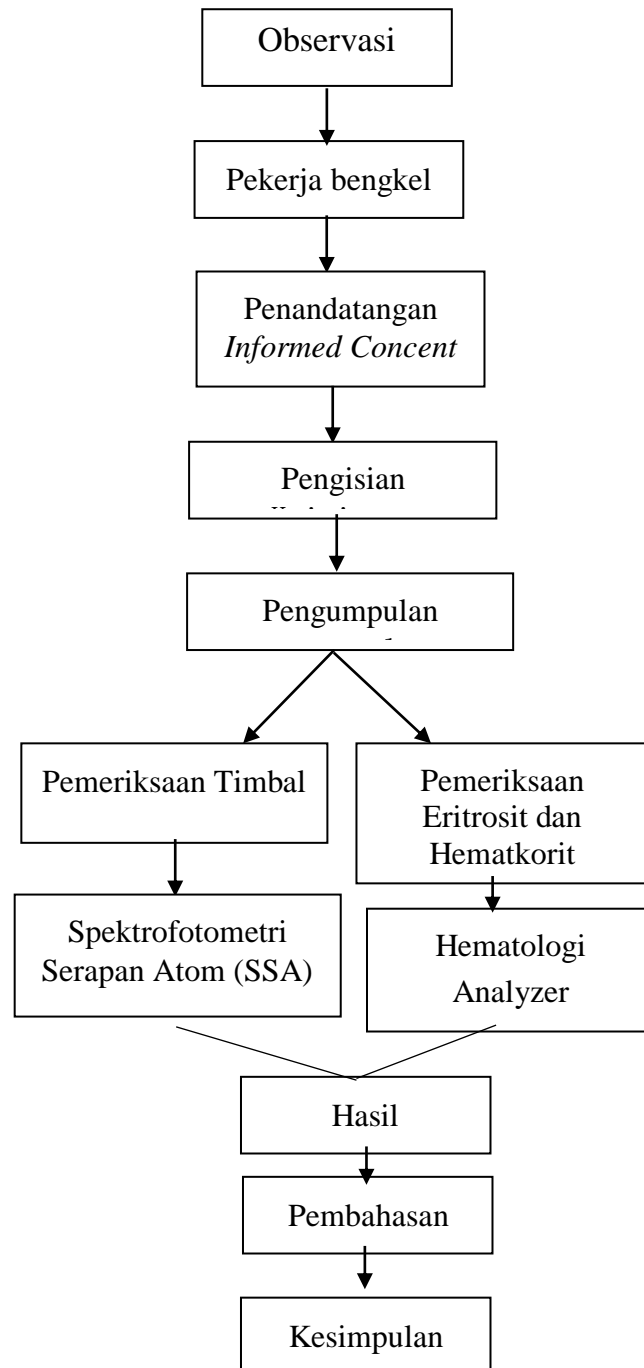
2. *Anonymity* (tanpa nama)

Peneliti tidak menyebutkan nama subjek penelitian sehingga dapat menjamin rahasia identitas subjek peneliti.

3. *Confidentiality* (Kerahasiaan)

Confidentiality adalah peneliti merahasiakan semua informasi yang didapatkan dari subjek peneliti

N. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan paparan timbal terhadap kadar jumlah eritrosit dan nilai hematokrit dalam darah. Dengan subjek penelitian adalah pekerja bengkel motor di jalan Antang Raya Kota Makassar, pengambilan sampel melalui proses wawancara dan kuesioner. Telah dilakukan penelitian pemeriksaan kadar timbal dalam darah menggunakan alat *Spektrometer Serapan Atom Varian AA 240 FS*, Dan pemeriksaan eritrosit dan hematokrit menggunakan alat *Hematologi Analyser hemax SM-660*. Jumlah sampel yaitu sebanyak 35 sampel. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik Universitas Megarezky dan Laboratorium Sains Teknologi UIN Alauddin Makassar.

1. Karakteristik Subjek Penelitian

Berdasarkan distribusi jenis kelamin didapatkan semua responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 36 responden dengan nilai presentase 100%

Tabel 4. 1 Karakteristik Responden

Kategori	Frekuensi	Presentase (%)
Umur (Tahun)		
23-28	9	25
29-34	8	22,22

>35	19	52,78
Total	36	100,0
Kategori Perokok		
Ringan	15	42,9
Sedang	12	31,4
Berat	9	25,7
Total	36	100,0
Lama Paparan		
1-5 tahun	9	25,0
6-10 tahun	5	13,9
>11 tahun	22	61,1
Total	36	100,0

Berdasarkan Tabel 4.1 mengenai karakteristik responden, diketahui bahwa kelompok umur responden sebagian besar berada pada usia lebih dari 35 tahun yaitu sebanyak 19 orang (52,78%), kemudian diikuti oleh kelompok usia 23–28 tahun sebanyak 9 orang (25%), dan kelompok usia 29–34 tahun sebanyak 8 orang (22,22%).

Berdasarkan kategori kebiasaan merokok, responden paling banyak termasuk perokok ringan sebanyak 15 orang (42,9%), diikuti perokok sedang sebanyak 12 orang (31,4%), dan perokok berat sebanyak 9 orang (25,7%).

Sedangkan pada variabel lama paparan, responden terbanyak memiliki masa kerja lebih dari 11 tahun yaitu sebanyak **22** orang (61,1%), diikuti oleh

masa kerja 1–5 tahun sebanyak 9 orang (25%), dan masa kerja 6–10 tahun sebanyak 5 orang (13,9%).

Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas responden berusia lebih dari 35 tahun, memiliki kebiasaan merokok kategori ringan, dan telah bekerja dengan paparan timbal lebih dari 11 tahun. Kondisi ini dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan hematokrit dan eritrosit karena faktor usia, kebiasaan merokok, dan lama paparan merupakan faktor risiko terhadap perubahan profil darah.

4.2 Kadar Timbal Pada Pekerja Bengkel motor

Kadar Timbal	n	Min	Max	Median
$\leq 0.5 \mu\text{g/dL}$	0	0	0	0
$> 0.5 \mu\text{g/dL}$	36	6.40	7.45	7.138

Berdasarkan Tabel 4.2 tentang kadar timbal pada pekerja bengkel motor, seluruh responden (36 orang) memiliki kadar timbal darah di atas $0,5 \mu\text{g/dL}$, dengan tidak terdapat responden yang memiliki kadar timbal $\leq 0,5 \mu\text{g/dL}$. Kadar timbal darah pada kelompok ini memiliki nilai minimum $6,40 \mu\text{g/dL}$ dan maksimum $7,45 \mu\text{g/dL}$, dengan nilai median $7,138 \mu\text{g/dL}$. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh pekerja bengkel motor dalam penelitian ini memiliki kadar timbal darah yang relatif tinggi dan melebihi ambang batas yang ditentukan.

4.3 Kadar eritrosit pada pekerja bengkel motor

Kadar ($10^6/\mu\text{L}$ darah)	n	Min	Max	Median
Eritrosit				
Normal	8	3.03	6.90	5.1833
Tidak normal	28			
Total	36			

Berdasarkan Tabel 4.3 mengenai kadar eritrosit pada pekerja bengkel motor, diketahui bahwa responden dengan kadar eritrosit normal sebanyak 8 orang, sedangkan responden dengan kadar eritrosit tidak normal sebanyak 28 orang, sehingga total keseluruhan responden adalah 36 orang. Nilai eritrosit terendah yang tercatat adalah 3,03 juta/ μL , sedangkan nilai tertinggi mencapai 6,90 juta/ μL . Nilai median kadar eritrosit yang diperoleh adalah 5,18 juta/ μL . Data ini menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki kadar eritrosit tidak normal dengan rentang nilai yang cukup lebar antara nilai terendah dan tertinggi.

4.4 Kadar hematokrit pada pekerja bengkel

Kadar	n	Min	Max	Median
Hematokrit				
Normal	5	25,00	53,50	42,9917
Tidak normal	31			
Total	36			

Berdasarkan Tabel 4.4 mengenai kadar hematokrit pada pekerja bengkel, diketahui bahwa responden dengan kadar hematokrit normal

sebanyak 5 orang, sedangkan responden dengan kadar hematokrit tidak normal sebanyak 31 orang, sehingga total keseluruhan responden adalah 36 orang. Nilai hematokrit terendah yang tercatat adalah 25,00%, sedangkan nilai tertinggi mencapai 53,50%. Nilai median kadar hematokrit yang diperoleh adalah 42,99%. Data ini menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki kadar hematokrit tidak normal dengan rentang nilai yang cukup lebar antara nilai terendah dan tertinggi.

2. Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Jumlah Eritrosit Dan nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel

Berdasarkan analisis hubungan kadar timbal terhadap kadar eritrosit dan nilai hematokrit dalam darah pada pekerja bengkel motor di Jalan Antang Raya Kota Makassar.

Tabel 4. 5 Hubungan kadar timbal dalam darah terhadap jumlah eritrosit

Variabel	<i>p</i>	<i>r</i>
Kadar Timbal dengan Eritrosit	0,070	-,306

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil uji korelasi antara kadar timbal dalam darah dengan jumlah eritrosit menunjukkan nilai $p = 0,070$ dan nilai koefisien korelasi $r = -0,306$. Nilai p yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa secara statistik tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan jumlah eritrosit pada responden. Namun demikian, nilai r negatif menunjukkan adanya kecenderungan hubungan berlawanan (korelasi negatif), artinya semakin tinggi kadar timbal dalam darah maka jumlah

eritrosit cenderung menurun, meskipun hubungan ini lemah dan tidak signifikan secara statistik.

Tabel 4. 6 Hubungan kadar timbal dalam darah terhadap jumlah Hematokrit

Variabel	<i>p</i>	<i>r</i>
Kadar Timbal dengan Hematokrit	0,172	-,233

Berdasarkan Tabel 4.6, hasil uji korelasi antara kadar timbal dalam darah dengan jumlah hematokrit menunjukkan nilai

$p = 0,172$ dan nilai koefisien korelasi $r = -0,233$. Nilai p yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa secara statistik tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan jumlah hematokrit pada responden. Namun, nilai r negatif menunjukkan adanya kecenderungan hubungan berlawanan (korelasi negatif), artinya semakin tinggi kadar timbal dalam darah maka jumlah hematokrit cenderung menurun, meskipun hubungan ini lemah dan tidak signifikan secara statistik.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya hubungan antara paparan logam timbal berat dengan penurunan kadar eritrosit, dan tidak adanya hubungan antara logam berat dengan nilai jumlah hematokrit pada pekerja bengkel. Paparan timbal dapat menghambat enzim penting dalam pembentukan heme (komponen hemoglobin), seperti *δ -aminolevulinic acid dehydratase (ALAD)* dan *ferrochelatase*, yang membuat produksi hemoglobin terganggu sehingga

eritrosit yang dihasilkan bisa lebih sedikit. Sedangkan pada hematokrit tidak menunjukkan hubungan signifikan karena nilainya dipengaruhi banyak faktor lain seperti volume plasma, ukuran sel, status hidrasi, dan mekanisme kompensasi tubuh. Meskipun eritrosit turun perubahan itu bisa tertutupi oleh faktor-faktor tersebut sehingga hematokrit tampak tidak berubah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya hubungan timbal terhadap jumlah eritrosit dan nilai hematokrit dalam darah pada pekerja bengek motor di jalan Antang Raya, kota Makassar. Berdasarkan Tabel 4.1 mengenai karakteristik responden, diketahui bahwa kelompok umur responden sebagian besar berada pada usia lebih dari 35 tahun yaitu sebanyak 19 orang (52,78%), kemudian diikuti oleh kelompok usia 23–28 tahun sebanyak 9 orang (25%), dan kelompok usia 29–34 tahun sebanyak 8 orang (22,22%). Mayoritas responden berusia di atas 35 tahun, perokok ringan, serta telah bekerja lebih dari 11 tahun. Dalam toksikologi kerja, usia, lama paparan, dan kebiasaan merokok merupakan faktor penting yang memengaruhi akumulasi timbal dan perubahan profil hematologi. Timbal bersifat akumulatif sehingga pekerja yang lebih tua dan terpapar lebih lama berisiko tinggi mengalami gangguan darah. Penelitian Ahmad et al. (2021) di industri cat menemukan mayoritas pekerja dengan paparan >10 tahun menunjukkan kadar timbal lebih tinggi dan anemia lebih sering dibanding pekerja <5 tahun. Kesamaan ini mungkin karena mekanisme akumulasi timbal serupa pada pekerja di lingkungan berisiko tinggi. Perbedaan dapat terjadi bila standar ventilasi dan APD berbeda atau pekerja memiliki kebiasaan hidup lebih sehat.

Berdasarkan tabel 4.2 hasil pemeriksaan kadar timbal dalam darah yang dilakukan pada 36 responden pekerja bengkel motor, didapatkan bahwa seluruh responden memiliki kadar timbal darah di atas 0,5 µg/dL. Nilai minimum kadar timbal adalah 6,40 µg/dL, nilai maksimum 7,45 µg/dL, dan nilai median 7,1264 µg/dL. Tidak ada pekerja bengkel motor yang memiliki kadar timbal $\leq 0,5$ µg/dL. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh responden terpapar timbal pada kadar yang melebihi ambang batas rendah yang ditetapkan.

Temuan ini mengindikasikan adanya paparan timbal kronis pada pekerja bengkel motor. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi debu logam, uap knalpot, oli bekas, cat, serta kontak langsung dengan bahan yang mengandung timbal. Paparan tersebut bersifat akumulatif sehingga kadar dalam darah meningkat seiring lama kerja dan kebiasaan higienis pekerja. Menurut Khan et al. (2023), rata-rata kadar timbal darah mekanik otomotif di Pakistan adalah $3,79 \pm 2,21$ µg/dL. Dengan demikian, kadar timbal pekerja bengkel motor pada penelitian ini berada di atas nilai referensi rendah (WHO menyebutkan tidak ada kadar timbal yang benar-benar aman) tetapi lebih rendah dibanding kadar yang ditemukan di beberapa negara berkembang lainnya (Khan et al., 2023).

Paparan timbal pada pekerja bengkel motor dapat menimbulkan gangguan kesehatan jangka panjang, antara lain anemia, gangguan fungsi ginjal, hipertensi, gangguan saraf perifer, gangguan reproduksi, dan penurunan fungsi kognitif. Paparan timbal juga dapat menghambat aktivitas *enzim δ -aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD) sehingga mengganggu sintesis hemoglobin. Penelitian di

Padang mengenai kadar timbal pada rambut pekerja bengkel motor juga menunjukkan adanya akumulasi Pb yang lebih tinggi pada pekerja dibandingkan masyarakat umum, yang menguatkan temuan penelitian ini. Hasil penelitian ini selaras dengan teori paparan timbal pada lingkungan kerja otomotif. Menurut ILO dan WHO, faktor risiko paparan logam berat pada bengkel otomotif meliputi kurangnya ventilasi, tidak menggunakan alat pelindung diri (masker respirator, sarung tangan), kebiasaan merokok atau makan di tempat kerja, serta durasi kerja yang panjang. Oleh sebab itu, hasil penelitian ini mendukung pentingnya pengendalian faktor lingkungan dan perilaku pekerja untuk menurunkan paparan timbal.

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa dari total 36 pekerja bengkel motor, sebanyak 8 orang memiliki kadar eritrosit normal sedangkan 28 orang memiliki kadar eritrosit tidak normal. Nilai minimum eritrosit tercatat 3,03 juta/ μ L, nilai maksimum 6,90 juta/ μ L, dan nilai median 5,1833 juta/ μ L. Data ini menunjukkan mayoritas pekerja mengalami kadar eritrosit yang tidak normal. Kadar eritrosit yang tidak normal pada pekerja bengkel motor kemungkinan disebabkan oleh paparan timbal (Pb) yang bersifat toksik terhadap sistem hematopoietik. Timbal dapat menghambat *enzim δ -aminolevulinic acid dehydratase (ALAD)* yang berperan dalam sintesis heme sehingga mengganggu pembentukan hemoglobin dan eritrosit. Proses ini dapat memicu anemia normositik atau mikrositik pada paparan kronis. Selain itu, faktor status gizi, asupan zat besi, kondisi kesehatan umum, dan lama paparan kerja turut mempengaruhi jumlah eritrosit pekerja. Hasil ini sejalan dengan penelitian

(Maharani, D., Arifin, Z., & Susilo, 2019) yang menyatakan paparan timbal berhubungan dengan penurunan eritrosit pada pekerja bengkel di Surabaya. (Hidayat, R., 2020) juga menemukan bahwa pekerja yang terpapar timbal memiliki risiko anemia yang lebih tinggi dibanding kelompok kontrol. Sementara itu (Lestari, I., & Fitriani, 2018) di Palembang melaporkan paparan timbal darah mempengaruhi hemoglobin dan eritrosit secara signifikan pada pekerja bengkel.

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui bahwa dari 36 responden, sebanyak 5 orang (13,9%) memiliki kadar hematokrit normal, sedangkan 31 orang (86,1%) memiliki kadar hematokrit tidak normal dengan nilai minimum 25,00%, maksimum 53,50% dan median 42,99%. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja bengkel mengalami kadar hematokrit yang berada di luar batas normal, baik berupa penurunan maupun peningkatan hematokrit. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Pratiwi et al., 2021) di Makassar yang menunjukkan montir bengkel motor memiliki nilai hematokrit lebih tinggi dibanding rata-rata kelompok kontrol akibat paparan kronis dari asap kendaraan bermotor dan bahan kimia di bengkel. Paparan tersebut dapat memicu stres oksidatif, hipoksia jaringan, dan adaptasi tubuh berupa peningkatan produksi eritrosit yang pada akhirnya memengaruhi hematokrit. Penelitian (Sudarma, N., & Bintara, 2023) di Karangasari, Karangasem, Bali juga menunjukkan adanya pengaruh paparan timbal pada profil darah pekerja bengkel, termasuk parameter hematologi. Pekerja dengan kadar timbal darah lebih tinggi cenderung memiliki perubahan pada hematokrit dan eritrosit dibanding kelompok kontrol. Perubahan hematokrit ini juga didukung

oleh (Subur Wibowo & Suparyati, 2022) yang menemukan bahwa paparan asap kendaraan bermotor di lingkungan bengkel memengaruhi jumlah eritrosit pekerja. Walaupun studi tersebut lebih fokus pada eritrosit, efeknya secara tidak langsung berpengaruh pada nilai hematokrit. Secara fisiologis, timbal dan polutan bengkel dapat mengganggu proses hematopoiesis disussum tulang, memicu hemolisis, dan meningkatkan pembentukan eritrosit sebagai mekanisme kompensasi. Paparan jangka panjang dapat menimbulkan baik anemia maupun polisitemia relatif, yang akan tampak pada nilai hematokrit pekerja bengkel. Oleh karena itu, hasil penelitian ini mendukung literatur bahwa pekerja bengkel motor merupakan kelompok yang berisiko mengalami perubahan hematokrit akibat paparan bahan kimia dan polutan kerja.

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui nilai $p = 0,070$ dan nilai $r = -0,306$. Nilai p lebih besar dari $0,05$ menunjukkan bahwa secara statistik tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan jumlah eritrosit pada pekerja bengkel motor. Meskipun demikian, nilai korelasi r negatif ($-0,306$) menunjukkan adanya arah hubungan negatif lemah, artinya semakin tinggi kadar timbal darah cenderung diikuti dengan penurunan jumlah eritrosit, namun tidak cukup kuat untuk dianggap signifikan. Secara fisiologis, paparan timbal dapat memengaruhi sistem hematopoiesis. Timbal menghambat enzim *delta-aminolevulinic acid dehydratase* (ALA-D) dan *ferrochelatase* yang penting dalam sintesis heme, sehingga produksi hemoglobin dan eritrosit dapat terganggu. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menyebabkan anemia hipokromik atau perubahan jumlah eritrosit. Namun, efek ini dapat bervariasi tergantung lama

paparan, konsentrasi timbal, status gizi, serta mekanisme kompensasi tubuh. Penelitian (Sudarma, N., & Bintara, 2023) di Banjar Karangasari Karangasem-Bali menemukan bahwa pekerja bengkel dengan kadar timbal darah yang lebih tinggi cenderung mengalami perubahan parameter darah termasuk eritrosit dibandingkan kelompok kontrol. Hasil serupa juga ditemukan oleh (Subur Wibowo & Suparyati, 2022) yang menyatakan bahwa paparan asap kendaraan bermotor berpengaruh terhadap jumlah eritrosit pada pekerja bengkel motor. Meskipun studi-studi ini menunjukkan adanya efek, pada penelitian ini efek tersebut belum signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung literatur bahwa paparan timbal berpotensi memengaruhi eritropoiesis, tetapi pada sampel yang diteliti belum terlihat efek yang signifikan. Hal ini bisa dipengaruhi oleh faktor usia, lama bekerja, penggunaan alat pelindung diri, atau variasi individual pekerja bengkel motor.

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai $p = 0,172$ dan $r = -0,233$. Nilai p lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa secara statistik tidak terdapat hubungan signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan nilai hematokrit pada pekerja bengkel motor. Sementara itu nilai korelasi r negatif ($-0,233$) menunjukkan adanya arah hubungan negatif lemah, artinya semakin tinggi kadar timbal darah cenderung diikuti penurunan hematokrit, namun hubungan ini tidak kuat dan tidak signifikan. Secara fisiologis, timbal dapat memengaruhi proses hematopoiesis di sumsum tulang. Timbal menghambat enzim-enzim penting pada sintesis heme yang dapat mengakibatkan gangguan pembentukan eritrosit dan memengaruhi nilai hematokrit. Paparan kronis juga dapat menimbulkan hemolisis sel darah

merah, sehingga hematokrit menurun. Namun pengaruh timbal pada hematokrit dapat bervariasi tergantung tingkat paparan, lama bekerja, status gizi, dan kondisi kesehatan pekerja, sehingga tidak selalu menunjukkan hubungan signifikan.

Penelitian (Pratiwi et al., 2021) di Makassar menunjukkan bahwa montir bengkel motor memiliki nilai hematokrit lebih tinggi dibanding kelompok kontrol karena paparan kronis asap kendaraan bermotor yang memicu hipoksia relatif dan kompensasi tubuh berupa peningkatan jumlah sel darah merah. Sementara penelitian (Sudarma, N., & Bintara, 2023) di Karangasari Bali menemukan adanya perubahan parameter hematologi pada pekerja bengkel yang memiliki kadar timbal darah lebih tinggi.² Akan tetapi, pada penelitian ini efek tersebut belum signifikan secara statistik ($p > 0,05$). Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung literatur bahwa paparan timbal berpotensi memengaruhi nilai hematokrit, tetapi pada populasi pekerja bengkel motor yang diteliti belum ditemukan hubungan yang signifikan. Hal ini bisa disebabkan oleh variasi individual, faktor adaptasi tubuh, serta faktor lingkungan kerja lainnya. (Pratiwi et al., 2021)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh responden pekerja bengkel memiliki kadar timbal darah di atas ambang batas. Nilai korelasi antara kadar timbal dengan jumlah eritrosit adalah $r = -0,306$ ($p = 0,070$) dan dengan hematokrit adalah $r = -0,233$ ($p = 0,172$). Hasil ini menunjukkan korelasi negatif namun tidak signifikan secara statistik. Artinya, paparan timbal pada pekerja bengkel cenderung menurunkan jumlah eritrosit dan nilai hematokrit, tetapi efek tersebut belum terbukti signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara kadar timbal darah dan jumlah eritrosit maupun hematokrit, namun tidak signifikan secara statistik ($p > 0,05$), Maka H_0 diterima. Disimpulkan bahwa paparan timbal pada pekerja bengkel dapat berdampak pada penurunan parameter hematologi, meskipun pada penelitian ini belum terbukti signifikan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar pekerja bengkel menggunakan alat pelindung diri secara konsisten, menjaga kebersihan diri setelah bekerja, dan melakukan pemeriksaan kesehatan berkala untuk memantau kadar timbal, jumlah eritrosit, dan hematokrit. Pemilik bengkel sebaiknya meningkatkan ventilasi dan pengelolaan limbah guna mengurangi paparan timbal di lingkungan kerja. Pihak terkait, seperti dinas kesehatan atau

instansi keselamatan kerja, diharapkan melakukan pembinaan dan pemantauan rutin terhadap kesehatan pekerja, sedangkan peneliti selanjutnya dapat memperluas jumlah sampel dan memasukkan variabel lain seperti lama kerja, status gizi, atau paparan logam berat lainnya untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadin, H., Ashizawa, A., Stevens, Y.-W., Lladós, F., Diamond, G., Sage, G., Citra, M., Quinones, A., Bosch, S. J., & Swarts, S. G. (2020). *Toxicological profile for Lead*. August, 1–583.
- Ardillah, Y. (2016). Risk Factors of Blood Lead Level. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 7(3), 150–155.
- ATSDR. (2020). *Toxicological Profile for Lead*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Agustina, R., Mulyono, S., & Sari, D. P. (2021). Hubungan paparan timbal dengan kadar hemoglobin dan hematokrit pada pekerja sektor otomotif. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 15(2), 120–127.
- Ahmad, A., *et al.* (2021). Blood Lead Levels and Hematological Parameters among Paint Industry Workers. *IJERPH*.
- Asmorowati, D. A., Sumarti, S. S., & Kristanti, I. I. (2020). Perbandingan Metode Destruksi Basah Dan Destruksi Kering Untuk Analisis Timbal Dalam Darah Tanah Di Sekitar Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. *Indonesian Journal Of Chemical Science*, 09(03), 169-173.
- Amalullia, D. (2016). Analisis Kadar Timbal (Pb pada Eyeshadow Dengan Variasi Zat Pengoksidasi Dan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). (Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Bouida, L., Rafatullah, M., Kerrouche, A., Qutob, M., Alosaimi, A. M., Alorfi, H. S., & Hussein, M. A. (2022). Mechanism , Health Effects and Remediation Methods. *Water Review*, 14(28 October), 1–26.
- Delgado, R. (2022). Misuse of Beer-Lambert Law and other calibration curves. *Royal Society Open Science*, 9(2).
- Hidayat, R., & W. (2020). *Paparan Timbal dan Risiko Anemia pada Pekerja Industri.* *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*.
- Hoffbrand, A. V., & Moss, P. A. H. (2019). *Hoffbrand's Essential Haematology (7th ed.)*. Wiley-Blackwell.
- Ii, B. A. B. (2017). *Pengertian Logam Berat*. 11–34.
- Kassebaum, N. J. (2021). *The global burden of anemia*. *Hematology/Oncology Clinics*.
- Khan, K., Room, S. A., Bacha, A. U. R., Nabi, I., Ahmad, S., Younas, M., Ullah,

- Z., Iqbal, A., Alrefaei, A. F., Almutairi, M. H., Chang, J. W., & Chi, K. H. (2023). Assessment of heavy metals among auto workers in metropolitan city: a case study. *Frontiers in Public Health*, 11(November), 1–7.
- Lestari, I., & Fitriani, Y. (2018). “Analisis Kadar Timbal Darah terhadap Kadar Hemoglobin dan Hematokrit pada Pekerja Bengkel di Kota Palembang.” *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya*.
- Maharani, D., Arifin, Z., & Susilo, E. (2019). *Kadar Timbal Darah dan Gangguan Sistem Hematologi pada Pekerja Bengkel.* *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*.
- Mayerhöfer, T. G., Pahlow, S., & Popp, J. (2020). The Bouguer-Beer-Lambert Law: Shining Light on the Obscure. *Chemphyschem : A European Journal of Chemical Physics and Physical Chemistry*, 21(18), 2029–2046.
- Niman A. Margareta. 2019. Gambaran Kadar Timbal Dalam Darah Pekerja Bengkel Di Kelurahan Oesapa Kota Kupang. KTI Program Studi Analisis Kesehatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Kupang.
- Nurhayati, S., Rachmawati, A., & Widodo, D. (2020). Analisis kadar timbal darah dan hubungannya dengan profil hematologi pada pekerja bengkel. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(1), 45–53.
- Organization, W. H. (2017). *Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity*. Geneva: WHO.
- Pratiwi, Anggria, N., & Rachman, I. (2021). Tingginya Kadar Karboksihemoglobin (COHb), Hemoglobin (Hb), Dan Hematokrit Pada Montir Bengkel Motor Di Kota Makassar. *Higiene*, 7(1), 11–16.
- Rosita, B., & Mustika, H. (2019). Hubungan Tingkat Toksisitas Logam Timbal (Pb) Dengan Gambaran Sediaan Apus Darah Pada Perokok Aktif. *Jurnal Kesehatan Perintis (Perintis's Health Journal)*, 6(1), 14–20.
- Rodak, B. F., Fritsma, G. A., & Doig, K. (2016). *Hematology: Clinical Principles and Applications* (5th ed.). Elsevier Health Sciences.
- Saputra, G. E., Mukaromah, A. H., & Athica, S. N. (n.d.). *Penurunan Kadar Nitrit (No 2-) Dengan Variasi Lama Waktu Kontak Karbon. 2*, 210.
- Subur Wibowo, & Suparyati. (2022). Gambaran Kadar Jumlah Eritrosit Pada Pekerja Bengkel Motor Yang Terpapar Asap Kendaraan Bermotor di Sekitar Wiradesa. *Jurnal Medika Husada*, 2(1), 1–6.
- Sudarma, N., & Bintara, N. W. D. (2023). *Kajian Kadar Timbal (Pb) Darah dan Profil Darah pada Pekerja Bengkel di Banjar Karangasari Karangasem-Bali*.

- Suryatini, K. Y., & Rai, I. G. A. (2018). Logam Berat Timbal (Pb) dan Efeknya pada Sistem Reproduksi. *Emasains*, 7(1), 1–6.
- Sinatra, dkk. 2020. Paparan Timbal (Pb) Terhadap Kadar Hemoglobin di dalam Darah. Proceeding 1st Setia Budi–Cihams: USB Press
- Susiani, S., & Lestari, M. W. (2022). Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah dengan Kadar Hemoglobin pada Operator SPBU Gombel Semarang. *Jurnal Surya Medika*, 8(3), 138–145.
- Syarif, J., & Ayuningsih, I. (2020). Gambaran Nilai Hematokrit Metode Makrohematokrit Dengan Menggunakan Darah Vena Pada Penyakit Tuberkulosis Di Balai Besar Kesehatan Paru Masyarakat (Bbkpm) Makassar. *Jurnal Media Laboran*, 10(2), 20.
- Utari, F. P., Efrida, E., & Kadri, H. (2018). Perbandingan Nilai Hematokrit dan Jumlah Trombosit antara Infeksi Dengue Primer dan Dengue Sekunder pada Anak di RSUP. Dr. M. Djamil. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7(1), 118.
- World Health Organization. (2021). Lead poisoning and health.
- Zhbanov, A., & Yang, S. (2017). Electrochemical impedance spectroscopy of blood for sensitive detection of blood hematocrit, sedimentation and dielectric properties. *Analytical Methods*, 9(22), 3302–3313.

**LEMBAR PERSETUJUAN
(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama :

Umur :

Profesi :

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah memahami penjelasan segala sesuatu mengenai penelitian yang akan dilakukan oleh Candra wijaya dengan Nim B1D222029 yang berjudul **“Hubungan Kadar Timbal Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel”** dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari siapapun dengan kondisi data yang diperoleh dari penelitian ini akan dijaga kerahasiaannya dan hanya dipergunakan untuk kepentingan ilmiah.

Makassar,2025

Peneliti

Yang menyetujui

(CANDRA WIJAYA)
B1D222029

Responden

KUESIONER PENELITIAN

PENGARUH PAPARAN TIMBAL (Pb) TERHADAP KADAR HEMOGLOBIN DALAM TUBUH PEKERJA BENGKEL MOTOR DI JALAN ANTANG KOTA MAKASSAR

A. IDENTITAS SAMPEL

No. Responden :

Tanggal Wawancara :

Nama Responden :

Umur Responden :





Jenis Kelamin :

B. Jawablah pertanyaan berikut !

1. Sudah berapa lama Anda bekerja di bengkel motor?
2. Berapa jam rata-rata Anda bekerja dalam sehari?
3. Berapa hari Anda bekerja dalam seminggu?
4. Apakah Anda menggunakan alat pelindung diri (seperti sarung tangan, sepatu pelindung, atau masker) saat bekerja di bengkel?
5. Apakah anda merokok secara rutin?
6. Jika ya, berapa batang rokok yang Anda konsumsi per hari?
7. Sudah berapa lama Anda memiliki kebiasaan merokok?
8. Apa saja jenis makanan dan minuman yang biasa Anda konsumsi setiap hari?
9. Berapa jam rata-rata waktu tidur malam Anda setiap harinya?

LAMPIRAN PENELITIAN

Gambar	Keterangan
	<p>Tempat penelitian Pemeriksaan Hemoglobin di kampus Universitas Megarezky Makassar</p>
	<p>Tempat penelitian Pemeriksaan timbal di kampus Uin Alauddin Makassar</p>
	<p>Proses pengisian kuisisioner di bengkel motor sepanjang jalan antang raya</p>
	<p>Proses pengambilan darah di bengkel motor sepanjang jalan antang raya</p>

	<p>Pemeriksaan kadar hemoglobin menggunakan alat hematologi alayzer</p>
	<p>Pengambilan darah vena masing – masing sebanyak 2 ml darah</p>
	<p>Darah dimasukkan kedalam Erlenmeyer dan ditambahkan aquadest sebanyak 50 ml</p>
	<p>Tambahkan HNO_3 6% sebanyak 5 ml dan dipanaskan menggunakan hot plate sampai keluar asap putih atau sampai volume setengah</p>

	<p>Sampel di saring menggunakan kertas saring di labu ukur 50 ml</p>
	<p>tambahkan aquades sampai tanda batas labu ukur 50 ml</p>
	<p>Larutan diukur untuk menganalisis logam timbal menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (SSA) dengan panjang gelombang 283,3nm</p>



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY

SK. Menristekdikti RI. No.1194/KPT/1/2018 Terakreditasi BAN PT

Kampus II : Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 492 401 - 496401 Fax. 496614 Website : <http://universitasmegarezky.ac.id> Email : info@universitasmegarezky.ac.id

Makassar, 09 September 2025

Nomor : 006 /07.091056/IX/2025
Lampiran : -
Perihal : **Rekomendasi Izin Penelitian**

Kepada Yth : Bapak Gubernur Prov. SulSel
Cq. Kepala UPT P2T BKPMD-PTSP

Di -
Makassar

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian tugas akhir Mahasiswa Fakultas Teknologi Kesehatan Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis Universitas Megarezky Makassar, maka bersama ini kami mohon kiranya Bapak/Ibu berkenan menerima Mahasiswa (i) kami yang tersebut namanya di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Instansi / wilayah kerja yang Bapak/Ibu Pimpin.

Nama : Candra Wijaya
N I M : B1D222029
Judul Skripsi/KTI : Hubungan Kadar Timbal Terhadap Jumlah Eritrosit Dan Nilai Hematokrit Pada Pekerja Bengkel
Pembimbing : 1. Thaslifa, S.Si.,M.Sc
2. Nuramanyah Taufiq, S.Si.,M.Si
Tempat Penelitian : 1.Laboratorium Patologi Klinik Universitas Megarezky
2.Laboratorium Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar

Demikian surat permohonan penelitian ini, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Tembusan Kepada Yth:

1. Yang Bersangkutan
2. Arsip





**PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU**

Jl. Bougainville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448936
Website : <http://simap-new.sulselprov.go.id> Email : ptsp@sulselprov.go.id
Makassar 90231

Nomor : **19278/S.01/PTSP/2025** Kepada Yth.
Lampiran : - Rektor UIN Alauddin Makassar
Perihal : **Izin penelitian**

di-
Tempat

Berdasarkan surat Kepala LPPM Universitas Megarezky, Makassar Nomor : 006/07.091056/IX/2025 tanggal 09 September 2025 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a : **CANDRA WIJAYA**
Nomor Pokok : **B1D222029**
Program Studi : **Teknologi Laboratorium Medis**
Pekerjaan/Lembaga : **Mahasiswa (D3)**
Alamat : **Jl. Antang Raya No. 43, Makassar**
PROVINSI SULAWESI SELATAN

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara , dengan judul :

" HUBUNGAN KADAR TIMBAL DALAM DARAH TERHADAP JUMLAH ERITROSIT DAN NILAI HEMATOKRIT PADA PEKERJA BENGKEL "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. **17 September s/d 17 Oktober 2025**

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami **menyetujui** kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 17 September 2025

**KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU
SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN**



ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : **PEMBINA UTAMA MUDA (IV/c)**
Nip : **19750321 200312 1 008**

Tembusan Yth
1. Kepala LPPM Universitas Megarezky, Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN KIMIA

LABORATORIUM RISET

Jl. Muh.Yasin Limpo No. 36 Gowa.Sulawesi Selatan

Nomor : Lab Riset/LA/01/423
Lamp : -
Hal : *Laporan Hasil Analisa*

Analisis : Awaluddin Iwan Perdana, S.Si.,M.Si
Waktu analisa : Rabu/4 Juni 2025
Metode : Spektrofotometer Serapan Atom metode nyala
Judul Penelitian : Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Nilai Jumlah Eritrosit Dan Hematokrit Pada Pekerja Bengkel

A. Data Deret Standar logam Pb

Sample ID	Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
Cal zero	0	-0.0003
Standard 1	0.05	0.0008
Standard 2	0.1	0.0020
Standard 3	0.2	0.0032
Standard 4	0.5	0.0079
Standard 5	1	0.0149

B. Data Absorbansi Sampel logam Pb

Sampel	Abs	Sampel	Abs	Sampel	Abs	Sampel	Abs	Sampel	Abs
1	0.0010	8	0.0002	15	0.0010	22	0.0005	29	0.0001
2	0.0009	9	0.0001	16	0.0009	23	0.0006	30	0.0000
3	0.0008	10	0.0008	17	0.0007	24	0.0012	31	0.0007
4	0.0002	11	0.0011	18	0.0005	25	0.0006	32	0.0001
5	0.0004	12	0.0008	19	0.0004	26	0.0003	33	0.0021
6	0.0006	13	0.0010	20	0.0002	27	0.0004	34	0.0001
7	0.0018	14	0.0007	21	0.0013	28	0.0000	35	0.0002
								36	0.0001

Gowa, 4 Juni 2025

Disusun Oleh

Analisis Laboratorium

Awaluddin Iwan Perdana
Awaluddin Iwan Perdana, S.Si.,M.Si
NIP : 19800526 201101 1 004

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Kimia

Asriani Ilyas
Asriani Ilyas, S.Si.,M.Si
NIP : 19830330 200912 2 004





MEGAREZKY MEDICAL KLINIK PRATAMA

IZIN NOMOR : 503/01005/DPM-PTSP/KFS/IX/2020
REKOMENDASI DINKES KOTA MAKASSAR NOMOR : 440/287/REK-KLINIK/13/DKK/IX/2020

Alamat : Jl. Inspeksi Waduk Bitowa No. 31Antang – Makassar (90234)

SURAT KETERANGAN HASIL PENELITIAN

Nama : Chandra Wijaya
Nim : B1D222029
Judul Penelitian : Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Terhadap Nilai
Jumlah Eritrosit dan Hematokrit Pada Pekerja
Bengkel

No	Kode Sampel	Umur	Eritrosit	Hematokrit	Keterangan
1	A1	23	5.42	47.3	
2	A2	34	6.15	49.8	
3	A3	56	4.93	41.5	
4	A4	40	5.72	48.0	
5	A5	25	6.14	37.2	
6	A6	28	5.33	47.7	
7	A7	33	6.90	53.5	
8	A8	26	5.14	44.5	
9	A9	38	5.40	46.4	
10	A10	36	5.76	49.3	
11	A11	20	4.87	42.0	
12	A12	29	6.03	52.0	
13	A13	21	4.72	44.6	
14	A14	33	5.98	47.2	
15	A15	23	4.22	35.6	
16	A16	21	5.13	34.6	
17	A17	40	4.27	35.4	
18	A18	37	4.75	40.1	
19	A19	44	5.29	46.2	
20	A20	53	4.37	36.7	
21	A21	44	5.48	46.0	
22	A22	41	5.27	43.2	
23	A23	24	5.30	44.8	
24	A24	37	5.90	36.5	
25	A25	42	5.36	44.2	
26	A26	29	4.42	36.5	
27	A27	30	4.80	44.7	
28	A28	25	5.56	46.3	
29	A29	31	3.03	25.0	
30	A30	50	5.44	44.1	
31	A31	27	5.37	46.2	
32	A32	34	5.11	43.9	

Contact person: 0822255599901, 085333666359

g/m
kg/l
mg/L

Locat

Perhitungan kadar Timbal
Perhitungan timbal

Acc

Perhitungan

17/9/2025

Nuram

NURAMANIYAH TAUFIQ S.SI, M.SI
NIDN : 0904038901

$$\text{Sampel 1 : } Y = \frac{0,0149 - 0,0010}{0,001}$$

$$Y = 13,9 \text{ ml}$$

$$\text{Kadar Pb} = \frac{c \times v \times Fp}{\text{jumlah sampel}} = \frac{13,9 \text{ ml} \times 50 \text{ ml} \times 2}{2 \text{ ml}}$$

$$= 695 \text{ mg/L}$$

$$= 6,95 \text{ } \mu\text{g/L} = 6,95 \text{ ppm}$$

$$\text{Sampel 2 : } Y = \frac{0,0149 - 0,0009}{0,001}$$

$$Y = 14 \text{ ml}$$

$$\text{Kadar Pb} = \frac{c \times v \times Fp}{\text{jumlah sampel}} = \frac{14 \text{ ml} \times 50 \text{ ml} \times 2}{2 \text{ ml}}$$

$$= 700 \text{ mg/L} = \text{ppm}$$

$$= 7,0 \text{ } \mu\text{g/L} \neq \text{ppm} = \text{ppb}$$

$$\text{Sampel 3 : } Y = \frac{0,0149 - 0,0008}{0,001}$$

$$Y = 14,1 \text{ ml}$$

$$\text{Kadar Pb} = \frac{c \times v \times Fp}{\text{jumlah sampel}} = \frac{14,1 \text{ ml} \times 50 \text{ ml} \times 2}{2 \text{ ml}}$$

$$= 705 \text{ mg/L}$$

$$= 7,05 \text{ } \mu\text{g/L} \neq \text{ppm}$$

$$\text{Sampel 4 : } Y = \frac{0,0149 - 0,0002}{0,001}$$

$$Y = 14,7 \text{ ml}$$

$$\text{Kadar Pb} = \frac{c \times v \times Fp}{\text{jumlah sampel}} = \frac{14,7 \text{ ml} \times 50 \text{ ml} \times 2}{2 \text{ ml}}$$

$$= 735 \text{ mg/L} \text{ ppm}$$

$$= 7,35 \text{ } \mu\text{g/L} \neq \text{ppm} \cdot \text{ppb}$$