

ANALISIS KADAR RETIKULOSIT BERDASARKAN KATEGORI KADAR TIMBAL DARAH PADA PEROKOK AKTIF

Laurentia Filda Safira^{*1}

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional Surakarta

Email : laurentiafilda27@gmail.com

Wimpy²

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional Surakarta

Email: wimpy@stikesnas.ac.id (corresponding author)

**Corresponding author*

ABSTRAK

Pendahuluan Kandungan timbal (Pb) dalam asap rokok merupakan salah satu faktor yang berpotensi mengganggu keseimbangan mikronutrien tubuh, termasuk zat besi. Timbal yang terhirup melalui paru-paru dapat masuk ke dalam sistem sirkulasi darah, berikatan dengan eritrosit, dan menghambat proses pembentukan sel darah (hematopoiesis). Akumulasi timbal dalam tubuh perokok aktif diduga dapat memengaruhi produksi retikulosit, yang merupakan indikator regenerasi eritrosit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar retikulosit pada perokok aktif berdasarkan status kadar timbal darah. Penelitian menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan potong lintang dan melibatkan 20 responden perokok aktif yang dipilih melalui teknik purposive sampling. **Metode** Kadar timbal darah diukur menggunakan metode Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, sedangkan pemeriksaan retikulosit dilakukan secara manual di laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa 5 dari 20 responden (25 %) memiliki kadar timbal darah melebihi ambang batas $\geq 5 \mu\text{g/dL}$ sesuai kriteria *National Institute for Occupational Safety and Health*, dan 3 responden (15%) menunjukkan kadar retikulosit yang meningkat. Karena data tidak berdistribusi normal, uji Mann-Whitney U digunakan, menghasilkan nilai signifikansi $p = 0,826$. **Hasil** Temuan ini mengindikasikan tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada kadar retikulosit antara kelompok dengan kadar timbal darah normal dan tinggi. **Kesimpulan** Dengan demikian, kadar timbal yang meningkat belum terbukti secara signifikan berpengaruh terhadap kadar retikulosit pada populasi penelitian ini.

Kata Kunci: asap rokok, perokok aktif, retikulosit, timbal darah.

ABSTRACT

Introduction Lead (Pb) content in cigarette smoke is a potential factor that may disrupt the balance of micronutrients in the body, including iron. Inhaled lead enters the circulatory system through the lungs, binds to red blood cells, and interferes with hematopoiesis. The accumulation of lead in active smokers is suspected to influence reticulocyte production, which serves as a marker of erythrocyte regeneration. This study aimed to assess differences in reticulocyte levels among active smokers based on their blood lead status. An analytical observational study with a cross-sectional design was conducted, involving 20 active smokers selected through purposive sampling. **Method** Blood lead levels were measured using Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), and reticulocyte counts were performed manually in the laboratory. Results showed that 5 out of 20 respondents (25%) had blood lead levels exceeding the threshold of $\geq 5 \mu\text{g/dL}$, as defined by the *National Institute for Occupational Safety and Health* and 3 respondents (15%) exhibited elevated reticulocyte levels. Due to non-normal data distribution, the Mann-Whitney U test was used, yielding a significance value of $p = 0,826$. **Result** These findings indicate no statistically significant difference in reticulocyte levels between subjects with normal and elevated blood lead levels. **Conclusion** Therefore, high blood lead levels have not been proven to significantly affect reticulocyte counts in this study population.

Keywords: active smokers, blood lead, cigarette smoke, reticulocyte

PENDAHULUAN

Paparan logam berat timbal (Pb) dari asap rokok menjadi salah satu permasalahan

penting dalam ranah kesehatan lingkungan, khususnya terkait disfungsi metabolik dan sistem hematologi. Rokok mengandung ribuan senyawa kimia berbahaya, termasuk

logam beracun seperti timbal, kadmium, dan arsenik (Sari & Wimpy, 2023). Timbal memiliki tingkat toksisitas yang tinggi dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui proses inhalasi, kemudian membentuk ikatan kuat dengan eritrosit dalam aliran darah. Diperkirakan lebih dari 90 % timbal dalam darah menempel pada sel darah merah berpotensi mengganggu jalannya hematopoiesis, termasuk produksi retikulosit sebagai penanda regenerasi eritrosit (Wimpy, 2024).

Retikulosit merupakan eritrosit muda yang dilepaskan oleh sumsum tulang sebagai respons terhadap kebutuhan tubuh akan sel darah merah baru. Jumlah retikulosit di dalam sirkulasi darah mencerminkan aktivitas pembentukan eritrosit, sehingga perubahan jumlah baik penurunan maupun peningkatan kadarnya dapat menandakan gangguan hematopoietik akibat paparan racun atau kondisi patologis. (Carter, 2017). Kelompok perokok aktif memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap gangguan ini karena terpapar secara terus-menerus oleh zat-zat toksik dari asap rokok. Salah satu mekanisme yang dapat timbul adalah gangguan pematangan eritrosit dan stres oksidatif akibat akumulasi timbal di dalam tubuh (Ray, 2016).

Berdasarkan rekomendasi dari *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), kadar timbal dalam darah sebesar $\geq 5 \mu\text{g/dL}$ telah ditetapkan sebagai ambang batas yang memerlukan intervensi medis (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2015). Sementara itu, *World Health Organization* menegaskan bahwa tidak ada kadar paparan timbal yang dapat dianggap sepenuhnya aman, karena paparan kronis, meski dalam konsentrasi rendah, mampu menimbulkan perubahan fisiologis yang bersifat subklinis pada sistem saraf, ginjal, maupun darah. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa timbal dapat memengaruhi kadar hemoglobin, ferritin, serta parameter darah lainnya seperti retikulosit merupakan indikator aktivitas sumsum tulang dalam produksi eritrosit (World Health Organization, 2021)

Perokok aktif cenderung memiliki risiko paparan timbal yang lebih tinggi dibandingkan non-perokok, mengingat kandungan logam berat dalam asap rokok yang dapat terhirup secara berulang dan

terakumulasi dalam jaringan tubuh (Nakhaee et al., 2021). Paparan jangka panjang ini diduga turut memengaruhi fungsi sistem hematopoietik dan dapat menyebabkan perubahan komponen darah. (Zhang et al., 2020). Meskipun hubungan antara timbal dan penurunan hemoglobin telah banyak dikaji, penelitian yang secara spesifik mengevaluasi hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar retikulosit pada perokok aktif di Indonesia masih jarang dilakukan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi apakah terdapat perbedaan kadar retikulosit pada perokok aktif berdasarkan status kadar timbal dalam darah. Studi ini memfokuskan pada dua variabel utama, yakni kadar timbal darah sebagai variabel independen, dan kadar retikulosit sebagai indikator hematopoiesis. Temuan ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman mengenai potensi gangguan hematologis khususnya retikulosit yang disebabkan oleh paparan logam berat, terutama pada kelompok yang berisiko tinggi seperti perokok aktif.

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan kadar retikulosit antara kelompok perokok aktif dengan kadar timbal darah normal dan yang telah melampaui ambang batas intervensi.

TEKNIK PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan analitik observasional dengan rancangan studi potong lintang (*cross-sectional*). Pendekatan ini digunakan dengan alasan pengumpulan data variabel bebas dan terikat secara simultan pada satu waktu tertentu. Subjek penelitian terdiri dari 20 individu perokok aktif yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*, yaitu metode seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan sebelumnya. Sampel diambil dari kelompok yang memenuhi syarat sebagai perokok aktif dan menyatakan kesediaannya untuk menjalani seluruh prosedur pemeriksaan laboratorium.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini mencakup pria yang merupakan perokok aktif dengan usia di atas 18 tahun, serta memiliki kebiasaan merokok yang berlangsung secara terus-menerus selama sepuluh tahun. Jumlah konsumsi rokok

bervariasi, namun minimal lima batang per hari dalam enam bulan terakhir. Selain itu, partisipan yang dilibatkan bersedia menandatangani *informed consent* dan mengikuti seluruh rangkaian pemeriksaan laboratorium, termasuk pengukuran kadar timbal dalam darah dan pemeriksaan retikulosit.

Kriteria eksklusi meliputi individu yang sedang atau pernah mengonsumsi obat-obatan, suplemen vitamin, maupun mineral tertentu yang dapat memengaruhi retikulosit. Peserta dengan riwayat penyakit kronis, seperti gangguan ginjal, penyakit hati, atau keganasan, juga dikeluarkan dari penelitian karena kondisi tersebut berpotensi mengganggu interpretasi hasil retikulosit. Selain itu, individu yang menunjukkan tanda-tanda klinis anemia berdasarkan hasil anamnesis maupun pemeriksaan awal juga tidak dimasukkan dalam penelitian ini.

Pengujian kadar timbal dalam darah dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) DKI Jakarta menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)*. Teknik ini dikenal memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi keberadaan logam berat dalam sampel darah.

Tahapan Prosedur:

1. Preparasi sampel :

- a. Partisipan yang bersedia mengikuti penelitian diminta untuk mengisi dan menandatangani lembar *informed consent*.
- b. Tabung sampel diberi label yang mencantumkan identitas peserta secara jelas.
- c. Proses pengambilan darah vena dilakukan dengan mengikuti standar operasional dan protokol biosafety yang ketat.

2. Prosedur pengambilan darah vena :
Pengambilan sampel darah dimulai dengan pemastian penggunaan alat pelindung diri (APD) secara lengkap oleh petugas. Seluruh alat dan bahan yang diperlukan dipersiapkan terlebih dahulu sebelum tindakan dilakukan. Lokasi pengambilan darah ditentukan, umumnya di vena area fossa cubiti (lipatan siku). Area tersebut

dibersihkan menggunakan antiseptik untuk meminimalkan risiko kontaminasi. Selanjutnya, tourniquet dipasang sekitar tiga jari di atas lokasi pengambilan guna membantu visualisasi vena. Setelah vena teridentifikasi dengan jelas, jarum steril digunakan untuk melakukan penusukan. Darah kemudian dikumpulkan sebanyak 3 mL ke dalam tabung EDTA dan 2 mL ke dalam tabung SST (*Serum Separator Tube*).

3. Pemeriksaan kadar timbal darah :

- a. Penyusunan larutan standar
Larutan standar timbal disiapkan dalam berbagai konsentrasi, yaitu 0,01 ppm, 0,02 ppm, 0,05 ppm, 0,08 ppm, 0,10 ppm, dan 0,120 ppm. Masing-masing larutan kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan instrumen ICP-OES pada panjang gelombang 283,3 nm untuk mendapatkan respon instrumen terhadap kadar logam.
- b. Pembuatan kurva kalibrasi
Kurva kalibrasi dibentuk dari hasil pembacaan absorbansi larutan standar. Data tersebut kemudian dianalisis dan digambarkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi logam timbal dengan nilai absorbansi. Hasil grafik ini digunakan untuk memperoleh persamaan regresi linear dalam bentuk $y = bx + a$, yang selanjutnya dijadikan dasar dalam perhitungan kadar timbal sampel.
- c. Pembacaan Kadar Timbal dalam sampel darah
Analisis dimulai dengan mengambil darah sebanyak 0,5 mL menggunakan pipet ukur, lalu dimasukkan ke dalam gelas beaker. Ke dalam sampel ditambahkan 2–3 mL asam nitrat (HNO_3) pekat untuk membantu proses pelarutan logam. Campuran ini kemudian dipanaskan menggunakan hotplate pada suhu antara 80 hingga 100°C sampai larutan berubah menjadi jernih, yang menandakan bahwa logam telah terlarut sempurna. Setelah proses pelarutan selesai, sampel

dimasukkan ke dalam nebulizer dari alat ICP-OES untuk dianalisis. Kadar timbal ditentukan berdasarkan intensitas sinyal emisi yang terdeteksi pada panjang gelombang 283,3 nm, lalu dibandingkan dengan kurva kalibrasi untuk menghitung konsentrasi timbal dalam darah secara kuantitatif. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, menetapkan nilai ambang batas timbal darah sebesar 5 µg/dL sebagai batas yang perlu mendapat intervensi secara medis, di mana kadar timbal di atas angka ini dapat meningkatkan risiko efek kesehatan.

4. Pemeriksaan jumlah retikulosit

Pemeriksaan jumlah retikulosit dilakukan melalui metode pewarnaan supravital menggunakan *Brilliant Cresyl Blue*, yang memungkinkan visualisasi retikulosit berdasarkan presipitasi substansi retikuler (RNA) di dalam sitoplasma. Langkah-langkah prosedur:

- Sebanyak tiga tetes larutan *Brilliant Cresyl Blue* diteteskan ke dalam tabung reaksi bersih.
- Tambahkan tiga tetes darah segar EDTA (*Ethylenediaminetetraacetic acid*) ke dalam larutan pewarna, kemudian homogenkan secara perlahan untuk memastikan pencampuran sempurna.
- Campuran tersebut diinkubasi pada suhu kamar selama 15 menit untuk memberikan waktu yang cukup bagi proses pewarnaan supravital.
- Setelah inkubasi, ambil satu tetes campuran dan letakkan pada bilik hitung (*counting chamber*), kemudian tutup dengan kaca penutup (*cover glass*).
- Pemeriksaan dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran lensa objektif 1000 kali, menggunakan *oil immersion* untuk meningkatkan ketajaman visualisasi sel. Retikulosit dikenali berdasarkan adanya jaringan filamentosa atau

granularitas biru gelap dalam eritrosit

Presentase retikulosit dihitung dengan rumus :

$$\text{jumlah retikulosit (\%)} = \frac{\text{jumlah retikulosit terhitung}}{\text{jumlah eritrosit terhitung}} \times 100$$

Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung jumlah retikulosit dari total eritrosit yang diamati dalam sepuluh lapang pandang, lalu dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai representatif. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), nilai normal retikulosit dalam darah pada individu dewasa adalah sekitar 0,5% hingga 1,5% dari total sel darah merah (World Health Organization, 2011)

Sumber data dalam penelitian ini merupakan data primer, yang diperoleh langsung melalui hasil pemeriksaan darah yang dilakukan pada para responden. Setelah data terkumpul, langkah awal yang dilakukan adalah uji normalitas untuk menentukan distribusi data, yang dilakukan dengan menggunakan Shapiro-Wilk Test, mengingat jumlah sampel yang digunakan kurang dari 50. Berdasarkan hasil uji normalitas, jika data tidak terdistribusi normal, maka analisis dilanjutkan dengan uji non-parametrik menggunakan Mann-Whitney U Test untuk menguji perbedaan distribusi antara kelompok yang memiliki kadar timbal darah normal dan kelompok dengan kadar timbal darah yang tidak normal. Proses analisis statistik ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah melewati proses evaluasi etika dan memperoleh persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan nomor registrasi KEPK/UMP/252/II/2025.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, data-data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1

Table 1
Distribusi Data Primer Hasil Penelitian

Laurentia dkk: Analisis Kadar Retikulosit Berdasarkan Kategori Kadar Timbal Darah Pada Perokok Aktif

Kode Sam pel	Kadar Timbal Darah		Kadar Retikulosit	
	Kadar ($\mu\text{g/dL}$)	Keteran gan	Kada r (%)	Keteran gan
SP1	6,726	Melebihi i ambang batas	1,5	Normal
SP2	<0,228	Normal	2,2	Meningkat
SP3	5,654	Melebihi i ambang batas	2,2	Meningkat
SP4	<0,228	Normal	1,0	Normal
SP5	4,654	Normal	1,2	Normal
SP6	5,6.96	Lebih ambang batas	1,4	Normal
SP7	<0,228	Normal	1	Normal
SP8	<0,228	Normal	2,6	Meningkat
SP9	<0,228	Normal	0,9	Normal
SP10	4,776	Normal	1,0	Normal
SP11	<0,228	Normal	1,0	Normal
SP12	<0,228	Normal	0,4	Menurun
SP13	<0,228	Normal	0,5	Normal
SP14	<0,228	Normal	0,8	Normal
SP15	<0,228	Normal	1,2	Normal
SP16	<0,228	Normal	0,5	Normal
SP17	<0,228	Normal	0,7	Normal
SP18	6,468	Melebihi i ambang batas	0,4	Menurun
SP19	5,426	Melebihi i ambang batas	0,5	Normal
SP20	<0,228	Normal	0,6	Normal

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa 5 dari 20 responden (25%) memiliki kadar timbal darah yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, yaitu $\geq 5 \mu\text{g/dL}$. Sebagian besar kadar retikulosit berada dalam rentang normal, meskipun terdapat 3 responden (15%) yang mengalami peningkatan kadar

retikulosit, dan 2 responden (10%) menunjukkan kadar retikulosit yang lebih rendah dari nilai normal menurut World Health Organization.

Hasil uji normalitas yang dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk (karena jumlah sampel <50). Hasil menunjukkan kelompok dengan kadar timbal darah normal memiliki nilai signifikansi sebesar 0,011 ($<0,05$), sehingga disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal.

Kelompok dengan kadar timbal melebihi ambang batas menunjukkan nilai signifikansi 0,496 ($>0,05$), artinya data terdistribusi normal.

Tabel 2.
Hasil Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

	Timbal Darah	Statistik	df	Sig.
Retikulosit	Normal	0,837	15	0,011
	Melebihi ambang batas	0,915	5	0,496

Karena hanya salah satu kelompok yang memenuhi asumsi distribusi normal, maka analisis perbedaan rerata kadar retikulosit antar kelompok dilakukan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U Test, yang sesuai digunakan ketika asumsi normalitas tidak terpenuhi secara keseluruhan.

Tabel 2.
**Hasil Uji Mann-Whitney U
Ranks**

	Timbal Darah	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Retikulosit	Normal	15	10,33	155,00
	Melebihi Ambang Batas	5	11,00	55,00
	Total	20		

Test Statistics^a

	Retikulosit
Mann-Whitney U	35,000
Wilcoxon W	155,000
Z	-,219
Asymp. Sig. (2-tailed)	,826
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,866 ^b

a. Grouping Variable: Timbal_Darah

b. Not corrected for ties.

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,826 menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik pada kadar retikulosit antara kelompok dengan kadar timbal darah normal dan kelompok dengan kadar timbal melebihi ambang batas ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa kadar timbal darah pada responden dalam penelitian ini belum memberikan dampak signifikan terhadap aktivitas eritropoietik yang diindikasikan melalui kadar retikulosit.

Retikulosit merupakan bentuk maturasi terakhir dari eritrosit muda yang masih mengandung sisa RNA ribosomal, dan digunakan sebagai indikator aktivitas sumsum tulang dalam proses eritropoiesis (Ovchinnikova et al., 2018). Pemeriksaan kadar retikulosit memiliki nilai diagnostik penting dalam mengevaluasi respon tubuh terhadap anemia, perdarahan, atau gangguan hematopoiesis yang mungkin disebabkan oleh paparan toksikologis, termasuk logam berat seperti timbal (Pb) (Rawat et al., 2021).

Dalam penelitian ini, dilakukan uji Mann-Whitney U untuk mengetahui perbedaan kadar retikulosit antara dua kelompok, yakni kelompok dengan kadar timbal darah normal dan kelompok dengan kadar timbal darah yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) ($\geq 5 \mu\text{g/dL}$). (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2015)

Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,826, yang berada jauh di atas ambang batas signifikansi $\alpha = 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kadar retikulosit pada kelompok dengan kadar timbal darah normal dan kelompok yang melebihi ambang batas. Secara median, kelompok dengan kadar timbal darah di atas ambang batas memiliki rerata kadar retikulosit 1,2 %, selisih 0,16 % (lebih tinggi) dibandingkan kelompok kadar timbal darah normal yaitu 1,04 %, namun perbedaan tersebut tidak cukup kuat untuk

dianggap bermakna secara statistik.

Beberapa studi menunjukkan bahwa paparan timbal dalam kadar tinggi dapat mengganggu proses hematopoiesis melalui mekanisme penghambatan enzim *aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD), penurunan sintesis heme, serta penghambatan proliferasi sel progenitor eritroid (Woods, 2023). Namun, pada kondisi paparan timbal yang ringan hingga sedang, seperti yang ditemukan dalam penelitian ini, tubuh masih mampu mengompensasi efek toksik timbal melalui berbagai mekanisme adaptif, sehingga tidak terjadi perubahan signifikan pada kadar retikulosit. Salah satu mekanisme kompensasi tersebut adalah peningkatan efisiensi proses eritropoiesis, yang memungkinkan produksi sel darah merah tetap terjaga tanpa memicu lonjakan jumlah retikulosit. Proses ini melibatkan regulasi hormon eritropoietin serta respons adaptif dari sumsum tulang, yang tetap mempertahankan produksi eritrosit meskipun terjadi gangguan pada jalur sintesis heme akibat penghambatan enzim *aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD) oleh timbal. Dengan demikian, meskipun timbal diketahui memiliki efek toksik terhadap hematopoiesis, tubuh masih dapat menyesuaikan diri, terutama jika paparan berlangsung dalam kadar rendah dan tidak disertai dengan kekurangan nutrisi penting seperti zat besi. Temuan ini sejalan dengan (Flora et al., 2012), yang menyatakan bahwa paparan timbal dalam kadar subklinis tidak selalu menimbulkan perubahan hematologis yang nyata karena adanya kemampuan kompensasi dari sistem biologis tubuh. Selain itu, paparan timbal juga dapat meningkatkan stres oksidatif dengan menghasilkan radikal bebas yang merusak sel dan jaringan tubuh. Dalam konteks ini, peran antioksidan menjadi penting, karena dapat membantu menetralkan radikal bebas yang terbentuk akibat paparan timbal dan merokok. (Wimpy et al., 2020). Merokok, yang juga meningkatkan stres oksidatif, dapat memperburuk dampak paparan timbal pada tubuh, terutama dalam mengatur kadar besi dalam serum. Faktor-faktor seperti durasi paparan timbal, status nutrisi besi, serta adanya penyakit penyerta, perlu

diteliti lebih lanjut karena dapat memperkuat atau mengaburkan dampak timbal terhadap eritropoiesis.(Wacka et al., 2024). Selain itu, lingkungan tempat tinggal dan tempat kerja juga berperan dalam paparan timbal. Risiko terpapar lebih tinggi ditemukan pada individu yang hidup di area dengan polusi udara signifikan, seperti daerah industri dan wilayah padat lalu lintas atau yang menggunakan sumber air dari pipa tua (Wimpy, 2024). Di samping itu, status gizi turut berperan seperti defisiensi zat besi, kalsium, dan seng dapat meningkatkan penyerapan timbal di saluran cerna. Asupan makanan yang tidak seimbang serta konsumsi bahan pangan yang terkontaminasi pestisida juga memperbesar akumulasi logam berat dalam tubuh (Samsulaga & Wimpy, 2022). Lebih lanjut, produk rumah tangga dan kosmetik yang tidak melalui proses pengawasan kualitas dengan ketat berpotensi menjadi sumber tambahan paparan logam berat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis uji Mann-Whitney U, tidak ditemukan perbedaan bermakna secara statistik pada kadar retikulosit antara responden dengan kadar timbal darah normal dan responden dengan kadar timbal melebihi ambang batas ($p = 0,826$). Temuan ini mengindikasikan bahwa pada populasi dengan paparan timbal ringan hingga sedang, belum terjadi gangguan signifikan terhadap aktivitas sumsum tulang dalam memproduksi eritrosit baru yang ditunjukkan melalui kadar retikulosit.

SARAN

Dari hasil penelitian ini tidak menutup kemungkinan adanya pengaruh jangka panjang atau efek subklinis dari paparan timbal yang mungkin tidak tercermin langsung dalam kadar retikulosit. Oleh karena itu, diperlukan studi lanjutan dengan kontrol variabel yang lebih ketat serta melibatkan parameter hematologi lainnya seperti kadar hemoglobin, hematokrit, ferritin, dan ALAD (Aminolevulinic Acid Dehydratase) untuk memperoleh gambaran yang lebih

komprehensif mengenai dampak timbal terhadap sistem hematopoietik

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Laboratorium Rumah Sakit TK II Dr. R. Hardjanto Balikpapan.
2. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional
3. Laboratorium Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) DKI Jakarta.
4. Para responden yang bersedia terlibat di dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Carter, C. M. (2017). Alterations in blood components. *Comprehensive Toxicology*, 249.
- Flora, G., Gupta, D., & Tiwari, A. (2012). Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology*, 5(2), 47.
- Nakhaee, S., Amirabadizadeh, A., Ataei, M., Ataei, H., Zardast, M., Shariatmadari, M. R., Mousavi-Mirzaei, S. M., & Mehrpour, O. (2021). Comparison of serum concentrations of essential and toxic elements between cigarette smokers and non-smokers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 37672–37678.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2015). *Adult Blood Lead Epidemiology and Surveillance (ABLES): Recommendations for Medical Management of Adult Blood Lead Exposure*. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ables/recommendations.html>
- Ovchinnikova, E., Aglialoro, F., Von Lindern, M., & Van den Akker, E. (2018). The shape shifting story of reticulocyte maturation. *Frontiers in Physiology*, 9, 829.
- Rawat, P. S., Singh, S., Zahid, M., & Mehrotra, S. (2021). An integrated assessment of lead exposure in children: Correlation with biochemical and haematological indices. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 68, 126835.

- Ray, R. R. (2016). Haemotoxic effect of lead: A review. *Proceedings of the Zoological Society*, 69, 161–172.
- Samsulaga, R. F., & Wimpy, W. (2022). Hubungan Jenis Pestisida Berdasarkan Kandungan Senyawa Aktif yang Digunakan terhadap Kadar Timbal (Pb) dalam Darah Petani di Kabupaten Bangka: The Correlation Between Pesticides Type Based on the Content of the Compounds Used to Levels of Lead (P) in Farmer's Blood in Bangka District. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 8(3), 146–153.
- Sari, R., & Wimpy, W. (2023). Hubungan Kadar Arsenik dalam Darah terhadap Kadar Insulin pada Perokok Aktif. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 13(4), 1417–1426.
- Wacka, E., Nicikowski, J., Jarmuzek, P., & Zembron-Lacny, A. (2024). Anemia and its connections to inflammation in older adults: A review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(7), 2049.
- Wimpy, W. (2024). HUBUNGAN KADAR TIMBAL DARAH DENGAN KADAR HEMOGLOBIN PADA KARYAWAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP. *Journal of Nursing and Health*, 9(3, September), 341–347.
- Wimpy, W., Harningsih, T., & Larassati, W. T. (2020). Uji Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya Kombinasi Ekstrak Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Linn) dan Ekstrak Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill). *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 6(2), 231–239.
- Woods, J. S. (2023). Effects of metals on the hematopoietic system and heme metabolism. In *Toxicology of Metals, Volume I* (pp. 939–958). CRC Press.
- World Health Organization. (2011). *Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2021). *Lead poisoning and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Zhang, S., Sun, L., Zhang, J., Liu, S., Han, J., & Liu, Y. (2020). Adverse impact of heavy metals on bone cells and bone metabolism dependently and independently through anemia. *Advanced Science*, 7(19), 2000383.