

Korelasi pajanan timbal dan kadar hemoglobin darah pada petugas pengatur lalu lintas di Kota Surakarta

Correlation of lead exposure and blood haemoglobin levels in traffic controllers in Surakarta city

Anggraeni Sih Prabandari^{1,*}, Ajeng Novita sari²

¹Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Santo Paulus Surakarta

²Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Santo Paulus Surakarta

Jl. dr. Radiman No.659 R, Pajang, Laweyan, Kota Surakarta

anggraenisihp@gmail.com , ajeng.meoww@gmail.com

Abstrak

Latar belakang: Timbal (Pb) yang berasal dari polutan udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran nafas, saluran cerna dan kontak kulit. Logam Pb dalam darah mampu menghambat sintesa heme sehingga mengurangi produksi hemoglobin (Hb) mengakibatkan terjadinya anemia. **Tujuan:** menganalisa hubungan antara kadar Pb dalam darah dengan kadar Hb. **Metode:** Jenis penelitian adalah *true experimental post test only design*. Responden penelitian berjumlah 16 Supeltas di Kota Surakarta yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Pemeriksaan kadar Pb menggunakan metode spektrofotometri GFAAS menggunakan sampel darah vena, sedangkan kadar Hb diukur dengan metode POCT menggunakan darah kapiler. **Hasil:** Terdapat 12 responden (75%) memiliki kadar Pb darah melebihi normal ($>10 \mu\text{g/dL}$). Seluruh responden memiliki kadar Hb yang normal (tidak anemia). Tingginya kadar Pb darah tidak diikuti dengan penurunan kadar Hb, diperkuat dengan nilai signifikansi uji korelasi Rank Spearman sebesar 0,248 ($>0,05$, tidak berhubungan). **Kesimpulan :** Kadar Pb dalam darah tidak berkorelasi dengan kadar Hb.

Kata kunci: Timbal (Pb); hemoglobin (Hb); anemia; darah; supeltas

Abstract

Background: Lead (Pb) from air pollutants can enter the body through the respiratory tract, gastrointestinal tract and skin contact. Synthesis of heme was inhibited by Pb metal in the blood and decreased haemoglobin resulting an anemia. **Objective:** to analyze the correlation Pb levels in the blood and hemoglobin levels. **Methods:** It was a *true experimental with post test only design*. There were 16 traffic controller (Supeltas) in Surakarta City who met the inclusion and exclusion criteria joined the research. Venous blood was drawn to examined the Pb levels by the GFAAS spectrophotometry method. Hb level was measured by the POCT method on capillary blood. **Results:** There were 12 respondents (75%) who had blood Pb levels above normal ($>10 \mu\text{g/dL}$). All respondents had normal Hb levels (not anemia). The high blood Pb level was not followed by a decrease in Hb levels, shown by the significance value of the Spearman Rank correlation test of 0.248 (>0.05 , there we no correlation). **Conclusion:** There were no correlation of Pb levels in the blood and Hb levels.

Keywords: Lead (Pb); hemoglobin (Hb); Anemia; blood; Supeltas

PENDAHULUAN

Kota Surakarta mengalami perkembangan yang signifikan dalam bidang teknologi informasi, transportasi dan wisata. Berdasarkan data BPS (2024), jumlah kendaraan bermotor di Kota Surakarta mencapai 600.000 unit dengan dominasi sepeda motor. Jumlah ini belum termasuk kendaraan dari luar daerah yang masuk karena Kota Surakarta menjadi penghubung jalur distribusi antar wilayah. Perkembangan bidang transportasi membawa dampak positif dalam perekonomian, namun juga memberikan dampak negatif, yaitu kemacetan lalu lintas dan polusi udara akibat asap kendaraan bermotor.

Petugas pengatur lalu lintas (Supeltas) memanfaatkan kondisi ini dengan menjual jasa membantu mengurai kemacetan pada persimpangan jalan tanpa lampu lalu lintas. Mereka mendapatkan penghasilan dengan kegiatan ini namun juga berisiko tinggi terpapar polusi udara dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Emisi gas buang berasal dari hasil pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna sehingga menghasilkan gas dan partikulat. Pencemar dalam bentuk gas antara lain Karbon monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO₂), Nitrogen dioksida (NO₂) dan Hidrokarbon. Partikulat yang ada pada emisi gas buang kendaraan adalah asap, debu dan timbal atau Pb (Soedomo, 2001). Konsentrasi Pb yang tinggi di lingkungan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran nafas, saluran cerna dan kontak kulit sehingga ditemukan dalam darah. Unsur Pb di dalam tubuh dapat terakumulasi pada jaringan lunak (sistem tulang, sistem saraf, ginjal dan hati) dan jaringan keras yaitu tulang, gigi, kuku dan rambut (WHO, 2021).

Individu yang dalam kesehariannya terpapar timbal cenderung mengalami peningkatan kadar Pb di tubuhnya, utamanya dalam darah, rambut dan kuku. Penelitian Priyatni dkk. (2017) menunjukkan tingginya kadar Pb dalam darah polisi lalu lintas di Kota Mataram. Selain darah, Pb juga dapat terakumulasi pada kuku dan rambut. Hasil pemeriksaan kadar Pb pada kuku dan rambut petugas SPBU di Mojokerto menunjukkan semakin lama masa kerja, maka kadar Pb yang terakumulasi pada rambut dan kuku semakin banyak. Tidak ada perbedaan kadar Pb pada rambut dan kuku sehingga kedua spesimen ini dapat digunakan sebagai sampel pemeriksaan Pb. Kadar Pb dalam kuku dan rambut termasuk dalam kategori pencemaran rendah menurut baku standar dari WHO, yaitu kurang dari 10 ppm (Putri, 2021). Hasil yang sama juga diperoleh Mayaserli dan Renowati (2017) pada rambut karyawan SPBU dengan kadar Pb tertinggi pada masa kerja 9-12 tahun. Anak-anak yang tinggal di sekitar daerah tambang batu bara juga memiliki kadar Pb pada rambut dan kuku melebihi batas yang ditetapkan WHO, yaitu $\leq 12 \mu\text{g/g}$ (Mulyati dkk., 2021). Pemeriksaan kadar Pb dalam urine perokok elektrik juga menunjukkan adanya peningkatan kadar Pb ($>0,15 \text{ ppm}$) pada 25% responden (Pujiastuti dan Restuaji, 2023).

Lebih dari 90% Pb akan berikatan dengan sel darah merah dan mengakibatkan gangguan pada proses sintesis hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia (WHO, 2021). Hubungan antara pajanan Pb dan Hb menunjukkan hasil yang beragam. Beberapa penelitian menyatakan bahwa semakin tinggi kadar Pb dalam darah dan semakin lama pajanan maka kadar Hb menurun, namun tidak sedikit penelitian yang tidak menemukan korelasi yang signifikan antara keduanya. Susiani dan Lestari (2022) melakukan pengukuran kadar Pb dan

Hb delapan belas pekerja stasiun pengisian bahan bakar di Semarang dan tidak menemukan hubungan yang signifikan antara keduanya. Kadar Pb dalam darah juga tidak berhubungan dengan kadar Hb pada pekerja pengecatan motor di Pekanbaru (Rosita dan Widiarti, 2018) dan mekanik bengkel motor di Purwokerto (Zuhri dan Dhanti, 2023).

Pengukuran kadar Hb pada pekerja SPBU yang merupakan kelompok risiko tinggi pajanan Pb di Kota Padang menunjukkan 50% (5/10) mengalami anemia (Marissa dan Wahyuni, 2019). Ayuputri dan Keman (2021) melakukan pengukuran kadar Pb dan Hb pada petugas percetakan di Surabaya dan menemukan bahwa tingginya kadar Pb dalam darah dan semakin lama masa kerja mengakibatkan penurunan kadar Hb darah, sedangkan usia status gizi tidak berpengaruh terhadap kadar hemoglobin. Sebanyak 50 wanita usia subur di Semarang Utara yang diperiksa kadar Pb dan Hb dalam darahnya menunjukkan 56% diantaranya mengalami anemia. Peneliti menyimpulkan ada hubungan antara kadar Pb dan anemia dengan kekuatan sedang (nilai $r = 0.461$ dan $p = 0.001$) berdasarkan uji statistik bivariat yang dilakukan (Maisaroh dkk., 2021). Sebuah studi di China yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2021) pada anak-anak yang tinggal dekat lokasi pembuangan barang elektronik bekas, menunjukkan mereka memiliki kadar Pb darah yang lebih tinggi dan kadar Hb yang lebih rendah daripada anak-anak yang tinggal jauh dari lokasi pembuangan barang elektronik bekas. Hal ini disebabkan barang elektronik bekas mengeluarkan senyawa toksin, salah satunya Pb yang dapat menghambat sintesis Hb dan menyebabkan anemia.

Penelitian untuk menganalisa hubungan antara kadar timbal darah dan kadar hemoglobin pada pekerja yang berisiko tinggi pajanan Pb, yaitu Supeltas dilakukan untuk melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya dan mejadi acuan penelitian berikutnya.

METODE

Jenis penelitian merupakan *true experimental post test only*. Probandus adalah supeltas di Kota Surakarta dengan kriteria inklusi (1) jenis kelamin laki-laki, (2) usia dewasa (lebih dari 25 tahun), (3) memiliki masa kerja lebih dari satu tahun, (4) lokasi kerja pada persimpangan jalan yang ramai, (5) durasi kerja lebih dari 4 jam per hari, dan (6) bersedia diambil darahnya. Kriteria eksklusi yang ditetapkan yaitu (1) jenis kelamin perempuan, (2) memiliki riwayat penyakit pada saluran nafas dan saluran cerna, (3) memiliki riwayat penyakit kelainan darah, (4) tidak bersedia untuk diambil darah vena. Jumlah probandus dalam penelitian ini sebanyak 16 orang. Sampling dilakukan secara acak pada lima Kecamatan di Surakarta. Kecamatan Laweyan dan Banjarsari masing-masing diambil tiga supeltas. Empat supeltas dari Kecamatan Jebres dan Pasar Kliwon serta dua supeltas dari Kecamatan Serengan.

Setiap probandus diambil darah vena sebanyak 3 ml, dimasukkan dalam vacutainer yang telah diberi antikoagulan EDTA. Sampel darah disimpan pada *ice box* dan dikirim ke Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Yogyakarta untuk dilakukan pemeriksaan kadar Pb. Pengukuran kadar Pb menggunakan alat spektrometri serapan atom *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy* (GFAAS). Pengukuran kadar Hb dilakukan dengan metode *point care of testing* (POCT) menggunakan alat cek hemoglobin *Easy Touch (Easy touch GcHb)*.

Analisis data hasil penelitian dilakukan secara deskriptif, disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data numerik berupa kadar Pb dan Hb dilakukan uji normalitas Shapiro Wilk. Data tidak terdistribusi normal dengan hasil normalitas $<0,05$ maka dilakukan uji non parametrik *Rank Spearman* untuk mengetahui korelasi antar variabel. Seluruh uji statistik secara komputer dengan bantuan program *SPSS 22 for Windows*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Responden dalam penelitian ini berjumlah 16 supeltas yang tersebar dalam lima Kecamatan di Kota Surakarta. Karakteristik responden yang meliputi usia dan lama kerja tersaji pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian

Karakteristik	Jumlah	Persentase	N
Usia (tahun)			
Dewasa Awal (26-35)	3	18,75 %	16
Dewasa Akhir (36-45)	6	37,5 %	
Lansia Awal (46-55)	3	18,75%	
Lansia Akhir (55-65)	2	12,5%	
Masa Manula (>66)	2	12,5%	
Lama Kerja (tahun)			
1-5	8	50 %	16
5-10	6	37,5 %	
>10	2	12,5 %	

Kategori kelompok umur yang digunakan dalam klasifikasi responden penelitian menurut standar Depkes RI tahun 2009. Sebagian besar responden termasuk dalam kategori dewasa dengan persentase 56% dengan lama kerja 1-5 tahun.

Hasil pemeriksaan kadar Pb dan Hb dalam darah responden tersaji dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kadar Pb dan Hb dalam darah responden

Kode Sampel	Kadar Pb($\mu\text{g/dL}$)	Kadar Hb(g/dL)
P1	35,8*	15,9
P2	13,8*	17,9
P3	66,7*	16,2
P4	4,6	17,9
P5	3,7	17,9
P6	63,4*	19,5
P7	75,6*	16,7
P8	63,4*	16,7
P9	4,2	15,5
P10	3,7	17,4
P11	88,4*	16,4
P12	401,7*	17,6
P13	88,6*	16,2

P14	73,2*	17,7
P16	668,7*	16,3
P17	223,7*	15,7
Rerata	117,45	16,96

Keterangan : *kadar Pb melebihi batas (> 10 µg/dL)

Batas maksimal kadar Pb dalam darah menurut WHO (2021) adalah ≤ 10 µg/dL. Berdasarkan Tabel 2, dalam penelitian ini ditemukan 12 responden (75%) memiliki kadar Pb dalam darah melebihi batas.

Analisa statistik uji korelasi *Spearman* dilakukan untuk mengetahui hubungan kadar Pb dalam darah dan kadar Hb yang tersaji pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil uji korelasi Spearman

	Koefisien korelasi	Signifikansi (p)
Kadar Pb vs Kadar Hb	-.307	.248

* $p > 0,05 =$ tidak berkorelasi

Berdasarkan Tabel 3 menyebutkan uji korelasi Spearman diperoleh hasil $p=0,581$ ($p>0,05$) diartikan tidak ada hubungan bermakna. Koefisien korelasi $r=-0,307$ diartikan arah korelasi negatif dengan kekuatan sangat lemah. Korelasi negatif atau berlawanan arah, semakin besar nilai satu variabel semakin kecil nilai variabel lainnya.

Pembahasan

Pemeriksaan kadar Pb dalam penelitian ini menggunakan spesimen darah vena dan dianalisa menggunakan metode spektrofotometri. Menurut Sam dan Duncan (2022) berbagai spesimen klinis dapat digunakan untuk mengetahui cemaran Pb dalam tubuh, antara lain darah, rambut, kuku dan urine. Spesimen darah paling banyak digunakan meskipun invansif karena dapat menggambarkan Pb yang bersirkulasi di dalam tubuh. Selain itu, banyak parameter lain yang kadarnya dipengaruhi oleh keberadaan Pb dapat diukur dari spesimen darah. Parameter tersebut misalnya kadar hemoglobin, jumlah eritrosit, hematokrit, *mean cell volume* (MCV), *mean cell hemoglobin* (MCH), *mean cell hemoglobin concentration* (MCHC), *red cell distribution width* (RDW) dan berbagai enzim yang terlibat dalam sintesis eritrosit.

Spesimen rambut dan kuku juga banyak digunakan dalam analisa Pb dalam tubuh karena dalam pengambilannya tidak invansif (menyebabkan rasa sakit pada responden) dan tidak membutuhkan keahlian khusus. Rambut dan kuku dapat menjadi indikator pencemaran logam Pb, baik secara internal karena menjadi tempat akumulasi Pb dalam tubuh maupun eksternal karena terpapar Pb secara langsung dari lingkungan. Kadar Pb dalam rambut dapat mencerminkan akumulasi Pb dalam tubuh (Setyoko dkk., 2023). Belakangan ini, spesimen urine juga mulai digunakan dalam pemeriksaan kadar Pb yang bertujuan sebagai skrining keracunan Pb. Cemaran Pb yang masuk ke dalam tubuh, 75-80% akan diekskresikan melalui urin sehingga urine dapat digunakan sebagai spesimen pemeriksaan.

Kadar Pb antara spesimen rambut dan kuku tidak menunjukkan hasil yang berbeda menurut penelitian Priyatni dkk. (2017), sebaliknya Mulyati dkk. (2021) dan Putra dkk. (2015) menunjukkan bahwa kadar Pb dalam rambut cenderung lebih tinggi dibandingkan kuku. Hal ini disebabkan rambut mengalami paparan Pb dari lingkungan yang lebih intens. Rambut juga memiliki kecepatan tumbuh yang lebih rendah dibandingkan kuku sehingga akumulasi Pb dalam rambut lebih tinggi dibandingkan kuku. Penelitian Lotah *et al.* (2021) menyatakan bahwa kadar logam berat, termasuk Pb dalam kuku kaki lebih tinggi daripada rambut. Kuku kaki mengalami pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan kuku tangan.

Pemeriksaan menggunakan spesimen darah dan urin dapat digunakan untuk mengetahui kadar timbal yang terabsorpsi dalam jangka waktu pendek. Sedangkan pada jangka waktu lama dapat menggunakan spesimen rambut. Pada individu yang berisiko terpapar Pb, kadar Pb pada rambut mencerminkan kadar Pb dalam darah. Kadar Pb dalam urine tidak berkorelasi dengan kadarnya di darah dan rambut berdasarkan penelitian Marriem *et al.* (2020).

Dalam penelitian ini tidak dilakukan kajian hubungan antara lama kerja, riwayat pekerjaan sebelumnya, merokok, durasi kerja setiap harinya, jumlah timbal yang ada di udara atau lingkungan dan status gizi. Meskipun demikian, tingginya kadar Pb responden mungkin disebabkan oleh faktor-faktor tersebut.

Paparan Pb yang terus menerus dari lingkungan dapat masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, mulut dan kontak kulit, beredar ke seluruh tubuh melalui peredaran darah dan terakumulasi pada jaringan lunak, otak dan tulang. Oleh karena itu, semakin lama masa kerja dan durasi kerja setiap harinya dapat meningkatkan kadar Pb dalam tubuh. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Momongan dkk. (2019) pada pekerja percetakan yang menunjukkan ada hubungan bermakna antara lama kerja dengan kadar timbal dengan nilai korelasi 0,852. Nilai ini menunjukkan hubungan yang sangat kuat. Semakin lama durasi kerja di lingkungan yang tercemar Pb, semakin tinggi pula kadar Pb yang masuk ke dalam tubuh, terakumulasi dan disekresikan melalui urine. Penelitian Victoria dkk. (2024) yang mengukur kadar Pb pada rambut pekerja ojek online menemukan kenaikan kadar Pb sebanding dengan durasi kerja setiap harinya. Dalam menjalankan pekerjaan mereka, rambut terlindung oleh helm dan tidak menerima paparan Pb langsung dari lingkungan, namun setelah dilakukan pemeriksaan tetap ditemukan Pb meskipun kadarnya <10 µg/g sehingga masih termasuk dalam batas aman menurut WHO (2021).

Pemeriksaan Hb pada responden menunjukkan nilai yang normal, yaitu ≥ 13 g/dL (Tabel 2). Merujuk pada standar WHO (2024), tidak ditemukan responden yang mengalami anemia, namun terdapat sembilan responden (75%) memiliki kadar Hb yang tinggi. Meskipun tidak berbahaya, namun kondisi ini menjadi salah satu tanda adanya penyakit polisitemia. Polisitemia atau eritrositosis merupakan kondisi medis ketika tubuh memproduksi sel darah merah secara berlebihan. Meningkatnya jumlah sel darah mengakibatkan darah menjadi lebih kental, peningkatan kadar Hb dan hematokrit dalam pemeriksaan darah rutin. Terdapat dua jenis polisitemia, yaitu polisitemia vera dan polisitemia sekunder. Penyebab utama polisitemia vera adalah mutasi gen pada JAK2 yang mempengaruhi aktivitas sel punca hematopoietik dalam memproduksi eritrosit. Penyebab polisitemia sekunder

lebih kompleks, meliputi kelainan kongenital dan yang didapat misalnya karena tumor atau obat-obatan (Cahyanur dan Rinaldi, 2019). Kadar Hb $>16,5$ g/dL, nilai hematokrit $>49\%$ dan peningkatan massa sel darah merah sebanyak 25% dari rata-rata merupakan kriteria mayor polisitemia vera (Tefferi dan Barbui, 2023). Dalam penelitian ini, hanya dilakukan pengukuran Hb saja sehingga belum dapat dipastikan bahwa responden mengalami polisitemia.

Pengaruh Pb terhadap sistem *hematopoietic* yaitu menyebabkan penurunan produksi eritrosit dan menurunnya *survival time* akibat gangguan pada membran sel eritrosit. Pb juga menghambat biosintesis heme (salah satu komponen hemoglobin yang berada di dalam eritrosit) melalui penghambatan enzim *coproporphyrinogen, δ -amino laevulinic acid dehydrogenase* (δ -ALAD) dan *ferrochelatase*. Penghambatan enzim ini secara klinis menyebabkan penurunan jumlah eritrosit, hematokrit dan kadar Hb dalam darah (Sugihartono dkk., 2020). Menurut WHO (2021), kadar Pb darah yang dapat menyebabkan gangguan sintesis hemoglobin dan anemia klinis yaitu sebesar 70 $\mu\text{g/dL}$. Hasil pengukuran kadar Pb ditemukan tujuh responden dengan kadar Pb ≥ 70 $\mu\text{g/dL}$, namun demikian kadar Hb nya normal. Kondisi ini mungkin disebabkan oleh status gizi atau nutrisi responden yang seimbang. Sintesis hemoglobin membutuhkan tiga komponen utama, yaitu zat besi (Fe), asam folat dan vitamin C. Ketiga komponen ini didapatkan dari makanan. Asupan gizi dan nutrisi yang baik menyebabkan pembentukan eritrosit cenderung lebih cepat dibandingkan kerusakan eritrosit yang disebabkan oleh Pb. Kecukupan asupan protein, zat besi, vitamin C dan kecukupan energi membantu mempertahankan kadar hemoglobin tetap normal sehingga tidak terjadi anemia (Latifah dkk., 2019).

Kadar timbal semakin besar maka kadar hemoglobin semakin rendah. Hasil penelitian ini mendukung Susiani dan Lestari (2020) yang tidak menemukan adanya hubungan antara kadar Pb darah dan kadar Hb pada pekerja di stasiun pengisian bahan bakar. Rosita dan Widiarti (2018) dalam penelitiannya juga menyimpulkan tidak ada hubungan antara kadar Pb darah dengan kadar Hb pada pekerja pengecatan motor di Pekanbaru. Penjelasan tentang responden dengan kadar Pb tinggi di dalam darah tetap memiliki kadar Hb yang normal tidak dapat dipaparkan secara pasti, namun kemungkinan disebabkan oleh status gizi yang baik, dan usia. Konsentrasi Pb dalam darah yang diukur dalam penelitian ini hanya mencerminkan kadar Pb yang bersirkulasi. Pb dalam darah akan disekresikan melalui feses dan urine. Status gizi yang baik dan usia berpengaruh terhadap kemampuan organ-organ tubuh untuk mensekresikan Pb dan memicu pembentukan eritrosit yang lebih cepat dibandingkan kemampuan Pb merusak eritrosit sehingga menjaga kadar Hb tetap normal.

Hasil penelitian ini bertentangan dengan hipotesis dan dasar teori yang menyatakan bahwa efek pertama dari keracunan timbal adalah gangguan biosintesis heme sehingga kadar hemoglobin menurun dan terjadi anemia. Rosita dan Mustika (2019) menyebutkan bahwa sifat anemia yang terjadi akibat Pb adalah *normochrom-normocytic* atau *normochrommicrocytic* yang dapat diketahui dengan pemeriksaan hitung eritrosit, kadar hemoglobin, dan kadar hematokrit. Dengan mengetahui hal itu, maka bisa menentukan nilai *mean corpuscular volume* (MCV), *mean corpuscular hemoglobin* (MCH), dan *mean corpuscular haemoglobin*

concentration (MCHC). Dalam penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan hitung eritrosit karena peneliti tidak sampai meneliti kejadian anemia akibat Pb, hanya sebatas pemeriksaan kadar Pb dan Hb darah, untuk mengetahui korelasinya. Pemeriksaan lain yang dapat digunakan untuk melihat pengaruh Pb pada sintesis hemoglobin yaitu dengan pemeriksaan *Erythrocyte Zn Protoporphyrin* (ZnPp) dengan teknik fluorometry karena Pb menekan sintesis heme melalui inhibisi enzim *ferrochelatase* yang berakibat pada peningkatan *protoporphyrin* dalam eritrosit. Selain itu, pemeriksaan retikulosit, sel basofilik dan pemeriksaan darah tepi juga dapat digunakan untuk sebagai pemeriksaan penunjang akibat keracunan Pb. Pemeriksaan-pemeriksaan ini tidak dilakukan dalam penelitian ini karena keterbatasan jumlah laboratorium yang mampu memeriksa ZnPp di Indonesia, biaya yang mahal dan keterbatasan kemampuan peneliti.

SIMPULAN

Kadar Pb dalam darah supeltas dalam penelitian ini sebagian besar (75%) melebihi batas yang ditetapkan oleh WHO (2021), sedangkan kadar Hb berada dalam kisaran normal. Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan tidak ada korelasi yang bermakna antara kadar Pb darah dan Hb ($p=0,248, > 0,05$).

SARAN

Supeltas di Kota Surakarta perlu memakai alat pelindung diri, utamanya masker untuk meminimalisir masuknya Pb dari udara melalui saluran nafas. Mengingat Pb termasuk dalam salah satu kelompok logam yang bersifat karsinogenik, maka perlu dilakukan pemantauan kadar Pb bagi supeltas oleh dinas terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuputri, U.Y.G dan Keman, S. 2021. The Effect of Lead (Pb) Levels in The Blood on Hemoglobin (Hb) Levels in Book Printing Personel on Jalan Karah Surabaya. *The Indonesian Journal of Public Health*, 16(1): 56–65. <https://doi.org/10.20473/ijph.v16i1.2021.56-65>
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Jumlah Kendaraan Bermotor yang Telah Diregistrasi Menurut Jenis Kendaraan. Diunduh dari laman <https://surakartakota.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDQ2IzI=/jumlah-kendaraan-bermotor-yang-telah-diregistrasi-menurut-jenis-kendaraan.html>, diakses 05 Maret 2025.
- Cahyanur, R dan Rinaldi, I. 2019. Pendekatan Klinis Polisitemia. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 6(3): 156-161.
- Latifah, N., Widajanti, L dan Rahfilludin, M.Z. 2019. Perbedaan Asupan Gizi terhadap Kadar Hemoglobin pada Remaja Putri yang Bersekolah di Full Day School dengan Non Full Day School. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(4): 454-462.
- Lotah, H.S.A., Agarwal, A.K and Khanam, R. 2021. Heavy Metals in Hair and Nail as Markers of Occupational Hazard among Welders Working in United Arab

- Unites. 2021. *Toxicological Research*, 38(1): 63-68. <https://doi.org/10.1007/s43188-021-00091-4>
- Maisaroh, S., Setiani, O., Joko, T dan Yusniar, Y. 2021. Relationship between Lead exposure in Blood and Hemoglobin Levels in Women of Childbearing Age in North Semarang District, Semarang City. *International Journal of Health Education and Sains*, 4(8): 1-13. <https://doi.org/10.1234/ijhes.v4i8.172>
- Marriem, N., Mejda, B., Dorra, E., Imene, M., Chiraz, H., Bechir, M and Nouaigui, H. 2020. Effectiveness of hair lead concentration as biological indicator of environmental and professional exposures. *Junior Medical Research*, 3(2): 11-14. <http://dx.doi.org/10.32512/jmr.3.2.2020/11.14>
- Marissa, M dan Wahyuni, Y. 2019. Gambaran Kadar Hemoglobin (Hb) Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar PT. Tabing Raya Kota Padang Tahun 2019. *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis*, 2(1): 12-17.
- Mayaserli, D.P dan Renowati, R. 2017. Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) pada Rambut Karyawan SPBU. *Journal of Sainstek*, 9(1): 19-25
- Momongan, A., Rokot, A dan Watung, A. 2019. Hubungan Lama Kerja dengan Paparan Timbal (Pb) dalam Urine pada Operator Percetakan di PT Manado Persada Madani. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(2):93-99.
- Mulyati, T.A., Pujiono, F.E dan Indah, I. 2021. The Exposure of Pb to Hair and Nails in Childern Around "X" Coal Mines Using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) Method. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 13(3):174-179. <https://doi.org/10.20473/jkl.v13i3.2021>
- Priyatni, Y. D., Syamsun, A., & Cenderadewi, M. 2017. Analisis Kadar Timbal dalam Darah Akibat Paparan Kronis pada Polisi Lalu Lintas di Kota Mataram. *Jurnal Kedokteran*, 3(4): 21-29. <https://doi.org/10.29303/jku.v3i4.97>
- Putra, W.H., Amin, B dan Anita, S. 2015. Kadar Timbal (Pb) pada Rambut dan Kuku Polisis Lalu Lintas di Kota Pekanbaru dan Bengkalis. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 2(2): 121-128.
- Rosita, B dan Widiarti, L. 2018. Hubungan Toksisitas Timbal (Pb) dalam Darah dengan Hemoglobin pada Pekerja Pengecatan Motor Pekanbaru. *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis*, 1(1): 1-10.
- Rosita, B dan Mustika, H. 2019. Hubungan Tingkat Toksisitas Logam Timbal (Pb) dengan Gambaran Sediaan Apus Darah pada Perokok Aktif. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 6(1): 14-20.
- Sam, A and Duncan, B. 2022. Assesment of human specimen heavy metals of some selected e-waste miners in Ghana. *Elixir Pollution*, 162(2022): 55979-55983.
- Sari, F.E., Puspitasari, A., & Rahayuningsih, C.K. 2022. Pemeriksaan Kadar Timbal pada Spesimen Rambut, Urin dan Darah Petugas Sampah TPS 3R Sutorejo. *Analisis Kesehatan Sains*, 10(1):31-35.

- Setyoko, S., Hairat, U., Rachmat, B dan Suryatama, A. 2023. Hair Lead Levels as an Alternative Indicator to Measure Lead Level in Children Body. *Universal Journal of Public Health*, 11(1): 126-132. <https://doi.org/10.13189/ujph.2023.110114>
- Sinatra, D.P., Fahmi, N.F dan Amir, F. 2020. Paparan Timbal (Pb) terhadap Kadar Hemoglobin Darah. *Proceeding 1st SETIABUDI-CIHAMS 2020*. 158-165. <https://cihams.setiabudi.ac.id/index.php/proceeding>
- Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB Press
- Sugihartono, S., Manuhara, Y.S.W., Wibowo, A.T., Winarni, D., Islamatasya, U and Khasanah, U.W.N. 2020. The comparison toxicity effects of lead and cadmium exposure on hematological parameters and organs of mice. *Ecology Environment and Conservation*, 26(4):1842-1846.
- Susiani, S dan Lestari, M.W. 2022. Hubungan Kadar Timbal dalam Darah dengan Kadar Hemoglobin pada Operator SPBU Gombel Semarang. *Jurnal Surya Medika*, 8(3): 138-145.
- Tefferi, A dan Barbui, T. 2023. Polycythemia vera: 2024 update on diagnosis, risk-stratification, and management. *American Journal of Hematology*, 98 (1) :1465–1487. <https://doi.org/10.1002/ajh.27002>
- Pujiastuti, R.T. dan Restuaji, I.M. 2023. Penentuan Kadar Timbal dalam Urine dengan Metode SSA pada Mahasiswa Perokok Elektrik di IIK Bhakta Kediri. *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains Terapan dan Analisisnya*, 4(2) : 128-133.
- Victoria, E.N., Wulandari, S.P dan Harningsih, T. 2024. Profil Logam Berat Timbal dalam Rambut Pekerja Ojek Online terhadap Tekanan Darah dan Durasi Lama Bekerja. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 14(3): 1125-1130.
- Wang, H., Huang, P., Zhang, R., Feng, X., Tang, Q., Liu, S., Wen, F., Zeng, L., Liu, Y., Wang, T and Ma. L. 2021. Effect of lead exposure from electronic waste on haemoglobin synthesis in children. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(5):911–918. doi: [10.1007/s00420-020-01619-1](https://doi.org/10.1007/s00420-020-01619-1)
- World Health Organization (WHO). 2021. *WHO Guideline for Clinical Management of Exposure to Lead*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). 2024. *Guideline on Haemoglobin Cutoffs to Define Anaemia in Individuals and Populations*. Geneva: WHO.
- Zuhri, F.M dan Dhanti, K.R. 2023. Hubungan Toksisitas Timbal (Pb) dalam Darah dengan Hemoglobin (Hb) pada Mekanik Bengkel Motor di Purwokerto. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8(11): 6837-6846.