

PERBEDAAN KADAR ZAT BESI SERUM BERDASARKAN STATUS KADAR TIMBAL DARAH PADA PEROKOK AKTIF

Hesti Dwi Utami¹

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional Surakarta

Email : hestidwiutami030893@gmail.com

Wimpy^{*2}

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional Surakarta

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

**Corresponding author*

ABSTRAK

Paparan timbal (Pb) dari asap rokok dapat mengganggu metabolisme zat besi (Fe) dalam tubuh. Timbal yang terhirup melalui paru-paru masuk ke dalam sirkulasi darah dan berikatan dengan eritrosit, yang kemudian dapat memengaruhi penyerapan dan distribusi zat besi. Perokok aktif berisiko mengalami akumulasi logam berat seperti timbal, yang dalam jangka panjang dapat mengganggu keseimbangan mikronutrien esensial seperti zat besi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar besi dalam serum pada perokok aktif. Penelitian dilakukan dengan pendekatan observasional analitik dan desain potong lintang (cross-sectional). Jumlah sampel sebanyak 20 orang perokok aktif yang dipilih dengan teknik purposive sampling. Pemeriksaan kadar timbal darah dilakukan dengan Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) dan kadar besi serum menggunakan metode Fotometry dengan alat Cobas C111. Hasil kadar timbal darah menunjukkan 25 % responden memiliki kadar timbal darah melebihi ambang batas menurut *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* yaitu $\geq 5 \mu\text{g/dL}$ dan 15 % responden memiliki kadar besi serum kurang dari ambang batas normal, serta 10 % responden memiliki kadar besi serum melebihi ambang batas normal menurut *World Health Organization*. Berdasarkan uji Mann Whitney U, diperoleh nilai signifikansi sebesar $p = 0,417$ ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan kadar besi serum antara kelompok perokok aktif dengan kadar timbal darah normal ($< 5 \mu\text{g/dL}$) dan tidak normal ($\geq 5 \mu\text{g/dL}$). Selisih rerata kadar besi serum antar kelompok hanya sebesar $14,43 \mu\text{g/dL}$, dengan rentang kepercayaan 95% yang sangat lebar dan mencakup nol.

Kata Kunci : perokok aktif, timbal darah, zat besi serum

ABSTRACT

Exposure to lead (Pb) from cigarette smoke can interfere with iron (Fe) metabolism in the human body. Inhaled lead enters the bloodstream through the lungs and binds to erythrocytes, potentially affecting the absorption and distribution of iron. Active smokers are at risk of accumulating heavy metals such as lead, which over time may disrupt the balance of essential micronutrients, including iron. This study aims to analyze the difference in serum iron levels based on blood lead status among active smokers. This research used an analytical observational approach with a cross-sectional design. A total of 20 active smokers were selected using purposive sampling. Blood lead levels were measured using Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), while serum iron levels were analyzed using the photometric method on a Cobas C111 device. The results showed that 25 % of respondents had blood lead levels exceeding the *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* threshold of $\geq 5 \mu\text{g/dL}$. Additionally, 15% of respondents had serum iron levels below the normal range, and 10% had levels above the normal reference according to the *World Health Organization (WHO)*. The Mann-Whitney U Test revealed a p -value of $0,417$ ($p > 0,05$), indicating no significant difference in serum iron levels between groups with normal and elevated blood lead levels. The mean difference in serum iron between groups was only $14,43 \mu\text{g/dL}$, with a 95% confidence interval that was wide and included zero.

Keywords: active smokers, blood lead, serum iron

Hesti Dwi Utami dkk perbedaan kadar zat besi serum berdasarkan status kadar timbal darah pada perokok aktif

PENDAHULUAN

Paparan logam berat timbal (Pb) yang berasal dari asap rokok merupakan salah satu isu signifikan dalam bidang kesehatan lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan gangguan metabolisme dan fungsi sistem hematologis. Rokok mengandung ribuan zat kimia berbahaya, termasuk unsur toksik seperti timbal, kadmium, dan arsenik (Sari & Wimpy, 2023). Timbal memiliki sifat toksisitas tinggi yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui proses inhalasi, kemudian berikatan kuat dengan eritrosit dalam sirkulasi darah. Sebagian besar timbal dalam darah, yakni sekitar 99%, ditemukan melekat pada sel darah merah, yang berpotensi mengganggu metabolisme zat besi (Fe) melalui gangguan proses penyerapan, transportasi, dan distribusinya di dalam tubuh (Ray, 2016).

Zat besi merupakan salah satu mikronutrien penting yang berfungsi dalam pembentukan hemoglobin, pengangkutan oksigen, serta sebagai kofaktor berbagai enzim vital dalam sistem biologis manusia. Gangguan pada proses metabolisme zat besi dapat mengakibatkan penurunan kadar besi dalam serum, yang pada akhirnya menyebabkan anemia defisiensi besi dan penurunan kapasitas darah dalam mengangkut oksigen. Perokok aktif menjadi kelompok yang rentan terhadap gangguan ini karena paparan toksin kronis dari asap rokok (Reraska & Wimpy, 2023). Mekanisme gangguan ini diduga terjadi melalui hambatan terhadap fungsi transporter logam seperti Divalent Metal Transporter 1 (DMT1) di saluran cerna, yang merupakan jalur utama penyerapan besi non-heme (Okazaki, 2023).

Berdasarkan pedoman dari *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, kadar timbal dalam darah sebesar $\geq 5 \mu\text{g/dL}$ dianggap sebagai ambang batas intervensi medis (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2015). Namun, (World Health Organization, 2021) menyatakan bahwa tidak ada tingkat paparan timbal yang benar-benar aman, mengingat paparan kronis pada kadar rendah pun dapat menyebabkan perubahan fisiologis subklinis, termasuk pada sistem darah, saraf pusat, dan ginjal (Wimpy, 2024). Sejumlah studi menunjukkan bahwa paparan timbal berkaitan dengan penurunan kadar hemoglobin, ferritin, serta memengaruhi parameter darah lainnya seperti retikulosit, yang merupakan indikator produksi eritrosit oleh sumsum tulang (World Health Organization, 2021).

Perokok aktif memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk mengalami paparan timbal dibandingkan dengan individu non-perokok (Nakhaee et al., 2021). Hal ini disebabkan oleh kandungan logam berat, termasuk timbal, dalam asap rokok yang dapat terhirup secara kronis dan terakumulasi dalam tubuh. Paparan timbal kronis diketahui dapat memengaruhi

metabolisme zat besi dan proses hematopoiesis (Zhang et al., 2020). Meskipun hubungan antara paparan timbal dan gangguan kadar hemoglobin telah banyak diteliti, kajian yang secara khusus menghubungkan kadar timbal dalam darah dengan kadar zat besi serum pada kelompok perokok aktif, terutama di wilayah Indonesia, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperjelas mekanisme interaksi antara kadar timbal darah dengan kadar zat besi serum pada populasi dengan risiko tinggi seperti perokok aktif.

Berdasarkan uraian tersebut, fokus utama penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kadar zat besi serum pada kelompok perokok aktif berdasarkan status kadar timbal dalam darah. Penelitian ini mengarahkan perhatian pada dua variabel utama, yaitu kadar timbal darah sebagai faktor pembeda, dan kadar besi serum sebagai indikator status mikronutrien. Penelitian ini penting dilakukan untuk memperluas pemahaman mengenai potensi gangguan hematologis akibat paparan logam berat, khususnya pada populasi perokok aktif.

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk menganalisis perbedaan kadar zat besi serum antara perokok aktif yang memiliki kadar timbal dalam darah yang normal dan yang melebihi ambang batas

TEKNIK PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan observasional analitik dengan desain studi potong lintang. Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengukur variabel independen dan dependen secara bersamaan pada satu titik waktu. Penelitian ini dilakukan pada 20 perokok aktif yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yakni metode pemilihan subjek yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi tertentu. Sampel dipilih dari populasi yang memenuhi syarat sebagai perokok aktif dan bersedia mengikuti seluruh rangkaian pemeriksaan laboratorium.

a. Kriteria Inklusi:

1. Laki-laki perokok aktif yang berusia di atas 20 tahun.
2. Telah memiliki kebiasaan merokok selama minimal 10 tahun secara terus-menerus.
3. Rata-rata konsumsi rokok harian ≥ 10 batang per hari selama enam bulan terakhir.
4. Menyetujui informed consent dan mengikuti seluruh rangkaian pemeriksaan laboratorium.

b. Kriteria Eksklusi:

1. Mengonsumsi obat-obatan tertentu, vitamin, dan mineral yang dapat meningkatkan kadar besi serum.
2. Memiliki riwayat penyakit kronis (seperti penyakit ginjal kronik, penyakit hati, atau kanker) yang dapat memengaruhi status hematologis.

3. Menunjukkan tanda-tanda anemia secara klinis berdasarkan anamnesis atau hasil pemeriksaan awal.

Pemeriksaan kadar timbal dalam darah dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) DKI Jakarta dengan menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES), yang merupakan metode akurat untuk mendeteksi logam berat dalam sampel biologis.

Cara kerja :

Persiapan sampel :

- a. *Informed consent* diisi oleh responden yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian.
- b. Tabung diberi label identitas.
- c. Pengambilan darah vena

Pengambilan darah vena dilakukan dengan mengikuti prosedur yang sistematis dan sesuai standar biosafety. Langkah pertama adalah memastikan penggunaan alat pelindung diri (APD) yang lengkap serta menyiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan sebelum tindakan dilakukan. Setelah itu, dipilih lokasi pengambilan darah yang tepat, umumnya vena di daerah lipatan siku. Area tersebut kemudian didesinfeksi dengan antiseptik untuk menghindari kontaminasi. Pemasangan torniquet dilakukan sekitar tiga jari di atas lipatan siku guna mempermudah visualisasi pembuluh darah. Setelah vena terlihat jelas, dilakukan penusukan menggunakan jarum steril untuk mengakses pembuluh darah. Sampel darah diambil dengan volume yang sesuai, yaitu 3 mL ke dalam tabung vakum EDTA dan 2 mL ke dalam tabung Serum Separator Tube (SST). Setelah pengambilan darah selesai, torniquet dilepaskan dan sampel dihomogenisasi dengan cara membalik tabung beberapa kali secara perlahan untuk menghindari pembekuan. Bekas tusukan kemudian ditutup dengan kapas bersih, jarum ditarik dengan hati-hati, area ditekan beberapa saat, lalu diberi plester untuk mencegah perdarahan lebih lanjut. Jarum bekas pakai segera dibuang ke dalam kontainer khusus benda tajam sesuai prosedur keselamatan kerja.

- d. Pemeriksaan kadar timbal

1. Mempersiapkan deret standar

Siapkan larutan standar timbal dengan konsentrasi masing-masing sebesar 0,01 ppm, 0,02 ppm, 0,05 ppm, 0,08 ppm, 0,10 ppm, dan 0,120 ppm. Selanjutnya, ukur nilai absorbansi dari setiap larutan standar tersebut menggunakan instrumen ICP-OES pada panjang gelombang 283,3 nm.

2. Mempersiapkan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi disusun berdasarkan hasil pengukuran absorbansi dari larutan standar kemudian dianalisis menjadi sebuah bentuk grafik yang memplot hubungan antara konsentrasi

timbal dan nilai absorbansi yang digunakan untuk memperoleh persamaan garis regresi linier, yaitu dalam bentuk $y = bx + a$

3. Pembacaan kadar timbal

Pembacaan kadar timbal dalam darah diawali dengan pengambilan sampel darah sebanyak 0,5 mL menggunakan pipet ukur, yang kemudian dimasukkan ke dalam beaker glass. Selanjutnya, ke dalam sampel tersebut ditambahkan sebanyak 2–3 mL asam nitrat (HNO_3) pekat untuk proses pelarutan logam. Campuran ini kemudian dipanaskan menggunakan hotplate pada suhu 80–100°C hingga larutan menjadi jernih, menandakan bahwa proses pelarutan telah selesai. Sampel yang telah jernih kemudian dimasukkan ke dalam nebulizer alat ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy*). Pengukuran kadar timbal dilakukan dengan mendeteksi intensitas sinyal emisi pada panjang gelombang 283,3 nm. Intensitas sinyal yang diperoleh dicatat dan dibandingkan dengan kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi timbal dalam darah secara kuantitatif

Pemeriksaan kadar zat besi serum dilakukan menggunakan prinsip kolorimetri berbasis reaksi kompleksasi, yaitu *ferrozine method* dengan alat Cobas C111 dan di Laboratorium Rumah Sakit TK II Dr. R. Hardjanto Balikpapan dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Sampel pada tabung SST didiamkan selama 15 menit kemudian tabung SST di sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit,

- b. Serum yang telah terpisah dengan sel darah, kemudian diambil sebanyak 500 μl dan di pindahkan ke cup sampel.

- c. Serum pada cup sampel kemudian di periksa kadar serum iron menggunakan alat Cobas C111 pada panjang gelombang 552 nm.

Sumber data yang digunakan adalah data primer, yang diperoleh langsung dari hasil pemeriksaan darah para responden. Setelah data dikumpulkan, dilakukan uji normalitas terlebih dahulu untuk menentukan distribusi data menggunakan Shapiro-Wilk Test, mengingat jumlah sampel yang digunakan berjumlah di bawah 50. Karena data berdistribusi normal, maka analisis dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan Mann-Whitney U untuk melihat perbedaan rerata kadar zat besi serum antara kelompok dengan kadar timbal darah normal dan tidak normal. Seluruh proses analisis statistik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah melalui uji kelayakan etik juga dan disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan Universitas Muhammadiyah

Hesti Dwi Utami dkk perbedaan kadar zat besi serum berdasarkan status kadar timbal darah pada perokok aktif

Purwokerto dengan nomor registrasi KEPK/UMP/47/2025.

Table 1
Distribusi Data Primer Hasil Penelitian

Kode Sampel	Kadar Timbal Darah		Kadar Besi Serum	
	Kadar ($\mu\text{g/dL}$)	Keterangan	Kadar ($\mu\text{g/dL}$)	Keterangan
P1	6,726	Melebihi ambang batas	95,2	Normal
P2	<0,228	Normal	154,6	Tinggi
P3	5,654	Melebihi ambang batas	94,9	Normal
P4	<0,228	Normal	109,8	Normal
P5	4,654	Normal	128,3	Normal
P6	5,696	Melebihi ambang batas	94,7	Normal
P7	<0,228	Normal	120,0	Normal
P8	<0,228	Normal	131,6	Normal
P9	<0,228	Normal	63,6	Rendah
P10	4,776	Normal	136,3	Normal
P11	<0,228	Normal	116,0	Normal
P12	<0,228	Normal	109,7	Normal
P13	<0,228	Normal	67,3	Rendah
P14	<0,228	Normal	75,9	Normal
P15	<0,228	Normal	155,4	Tinggi
P16	<0,228	Normal	92,7	Normal
P17	<0,228	Normal	85,7	Normal
P18	6,468	Melebihi ambang batas	101,5	Normal
P19	5,426	Melebihi ambang batas	81,1	Normal
P20	<0,228	Normal	71,7	Rendah

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa sebanyak 5 dari 20 responden (25%) memiliki kadar timbal darah yang berada di atas ambang batas yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* yaitu $\geq 5 \mu\text{g/dL}$. (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2015). Kadar zat besi serum mayoritas berada dalam rentang normal, meskipun ditemukan 3 responden (15%) dengan kadar rendah dan 2 responden (10%) dengan kadar tinggi berdasarkan nilai rujukan dari WHO, yaitu 75-150 $\mu\text{g/dL}$ (World Health Organization, 2020). Hasil uji normalitas yang dilakukan dengan Shapiro-Wilk karena jumlah sampel <50 , menunjukkan bahwa distribusi kadar besi serum pada kedua kelompok (kadar timbal darah normal dan melebihi ambang batas) menunjukkan distribusi normal. Namun karena

salah satu kelompok memiliki ukuran sampel sangat kecil ($n=5$), maka uji beda ditempuh dengan menggunakan uji non-parametrik Mann-Whitney U

Tabel 2.
Hasil Uji Normalitas (Shapiro-Wilk)

	Timbal_Darah	Statistik	df	Sig.
Besi_Serum	Normal	0,943	15	0,417
	Melebihi Ambang Batas	0,835	5	0,152

Sumber: Output IBM SPSS 25, 2024
Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kadar zat besi serum antara kelompok dengan kadar timbal normal dan di atas ambang batas, dilakukan uji beda Mann-Whitney U

Tabel 3.
Hasil Uji Mann-Whitney U Test

	Timbal_Darah	N	Mean Rank	Sum of Rank
Besi_Serum	Normal	15	11,13	167,00
	Melebihi Ambang Batas	5	8,60	43,00
	Total	20		

Test Statistics^a

	Besi_Serum
Mann-Whitney U	28,000
Wilcoxon W	43,000
Z	-,829
Asymp. Sig. (2-tailed)	,407
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,445 ^b

a. Grouping Variable: Timbal_Darah

b. Not corrected for ties.

Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,407$ ($p > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar zat besi serum pada kelompok dengan kadar timbal darah normal dan kelompok yang berada di atas ambang batas. Selisih rerata sebesar 0,42 $\mu\text{g/dL}$ dan rentang kepercayaan yang luas menunjukkan bahwa perbedaan tersebut bersifat sangat kecil/ tidak bermakna.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar zat besi serum pada perokok aktif dengan kadar timbal darah normal dan yang melebihi ambang batas. Temuan ini memberikan wawasan baru bahwa hubungan antara paparan timbal dan kadar zat besi serum bersifat kompleks dan tidak selalu bersifat linear. Salah satu kemungkinan penjelasannya adalah bahwa paparan timbal tidak hanya ditentukan oleh kebiasaan merokok, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal dan internal yang saling berkaitan.

Faktor lingkungan tempat tinggal dan lingkungan kerja merupakan determinan penting dalam menentukan kadar timbal dalam tubuh. Individu yang menetap di wilayah dengan tingkat polusi tinggi—seperti kawasan industri atau daerah dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi—serta mereka yang masih menggunakan air dari instalasi pipa tua, memiliki risiko paparan timbal yang lebih besar (Wimpy, 2024). Selain itu, status gizi, khususnya kadar zat besi, kalsium, dan seng, turut memengaruhi tingkat absorpsi timbal; kekurangan mikronutrien tersebut dapat meningkatkan penyerapan logam berat di saluran pencernaan. Pola konsumsi makanan yang tidak sehat dan paparan bahan pangan yang terkontaminasi pestisida juga memperburuk akumulasi logam berat dalam tubuh (Samsulaga & Wimpy, 2022). Rokok tembakau sendiri merupakan salah satu media utama paparan timbal. Tanaman tembakau dapat menyerap logam berat, termasuk timbal (Pb), dari lingkungan tumbuhnya. Faktor-faktor seperti penggunaan pestisida berbasis logam, pencemaran tanah dan udara, serta lokasi penanaman memengaruhi kandungan logam dalam daun tembakau. Kandungan timbal dalam rokok juga sangat bervariasi tergantung pada merek, jenis tembakau, dan metode pengolahannya (Armijos et al., 2021; Janaydeh et al., 2019). Proses pengeringan dan fermentasi daun tembakau bahkan dapat meningkatkan konsentrasi logam berat karena penguapan air menyebabkan peningkatan densitas senyawa aktif, termasuk timbal (Regassa & Chandravanshi, 2016; Wardhono et al., 2019). Setelah dikonsumsi, timbal dari asap rokok masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, dan secara kronis dapat meningkatkan kadar timbal dalam darah. Timbal memiliki efek toksik terhadap metabolisme zat besi. Logam ini dapat menghambat aktivitas enzim penting dalam sintesis heme, seperti delta-aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) dan ferrochelatase, serta mengganggu penyerapan zat besi di usus. Selain itu, timbal memicu stres oksidatif yang mempercepat kerusakan eritrosit (Mus et al., 2024; Słota et al., 2021). Dampaknya terhadap kadar zat besi tidak selalu langsung terlihat, karena sifatnya yang kumulatif dan bergantung pada lama serta intensitas paparan, disertai dengan faktor-faktor individual seperti status gizi dan fungsi ginjal (Okazaki, 2023). Namun demikian, hasil studi ini menunjukkan bahwa tidak semua perokok dengan kadar timbal tinggi mengalami penurunan kadar zat besi serum. Hal ini menegaskan bahwa hubungan antara paparan timbal dan status zat besi bersifat multifaktorial. Selain intensitas merokok dan durasi kebiasaan tersebut, jumlah batang yang

dihisap per hari juga turut memengaruhi akumulasi timbal (Gallucci et al., 2020). Di sisi lain, tubuh memiliki mekanisme homeostasis yang mampu menjaga kestabilan kadar zat besi serum, terutama jika asupan nutrisi harian mencukupi. Dalam konteks ini, peran antioksidan sangat penting. Vitamin C, vitamin E, dan glutathione dapat menetralkan radikal bebas akibat stres oksidatif yang disebabkan oleh paparan timbal, sehingga kerusakan sel darah merah dan gangguan metabolisme zat besi dapat ditekan (Wimpy et al., 2020). Dengan demikian, meskipun tidak ditemukan perbedaan kadar zat besi serum yang signifikan antara kelompok perokok dengan kadar timbal normal dan yang melebihi ambang batas, studi ini tetap menekankan pentingnya kewaspadaan terhadap kandungan logam berat dalam rokok. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa paparan timbal merupakan masalah kesehatan yang tidak hanya ditentukan oleh satu faktor, melainkan oleh akumulasi berbagai aspek gaya hidup, lingkungan, dan kondisi biologis individu.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis statistik, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar zat besi serum pada perokok aktif dengan kadar timbal darah yang normal dan yang melebihi ambang batas. Hasil uji Mann-Whitney U menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,417 ($p > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan bermakna secara statistik. Selisih rerata kadar zat besi serum antar kelompok sangat kecil, yaitu sebesar 43 $\mu\text{g/dL}$. Hal ini menunjukkan bahwa paparan timbal dari konsumsi rokok belum terbukti secara statistik berdampak terhadap perubahan kadar zat besi serum pada subjek perokok aktif dalam penelitian ini.

SARAN

Studi lanjutan sangat disarankan untuk menganalisis secara lebih detail kandungan logam berat dalam berbagai merek rokok serta mengaitkannya dengan parameter hematologis lain seperti ferritin, TIBC, dan indikator inflamasi. Selain itu, pemetaan geografis terhadap sumber bahan baku tembakau juga dapat memberikan gambaran pola cemaran lingkungan terhadap produk rokok yang beredar di pasaran.

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

Hesti Dwi Utami dkk perbedaan kadar zat besi serum berdasarkan status kadar timbal darah pada perokok aktif

3. Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) DKI Jakarta.
4. Para responden yang bersedia terlibat di dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Armijos, R. X., Weigel, M. M., Obeng-Gyasi, E., & Racines-Orbe, M. (2021). Elevated blood lead and metal/metalloid levels and environmental exposure sources in urban Ecuadorian school-age children and mothers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 235, 113770.
- Gallucci, G., Tartarone, A., Lerose, R., Lalinga, A. V., & Capobianco, A. M. (2020). Cardiovascular risk of smoking and benefits of smoking cessation. *Journal of Thoracic Disease*, 12(7), 3866.
- Janaydeh, M., Ismail, A., Zulkifli, S. Z., & Omar, H. (2019). Toxic heavy metal (Pb and Cd) content in tobacco cigarette brands in Selangor state, Peninsular Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1–8.
- Mus, S., Nuralifah, Ratna Dewi, Y., Wimpy, Rahayi, M., Nurfadilah, Puspitasari, A., Raudah, S., Qadri Rasyid, N., Pratiwi Utami, Y., Parawansah, Indah Sari, A., Kartika Rahayuningsih, C., & Purwati, T. (2024). *Toksikologi Klinik*. Eureka Media Aksara.
- 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>
- Okazaki, Y. (2023). Iron from the gut: The role of divalent metal transporter 1. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 74(1), 1.
- Ray, R. R. (2016). Haemotoxic effect of lead: A review. *Proceedings of the Zoological Society*, 69, 161–172.
- Regassa, G., & Chandravanshi, B. S. (2016). Levels of heavy metals in the raw and processed Ethiopian tobacco leaves. *SpringerPlus*, 5(1), 232.
- Reraska, R., & Wimpy, W. (2023). Hubungan Kadar Arsenik terhadap Mikroalbumin dalam Urine Sewaktu Perokok Aktif. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 13(4), 1427–1436.
- 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.
- Słota, M., Wąsik, M., Stołtny, T., Machoń-Grecka, A., Kasperczyk, A., Bellanti, F., Dobrakowski, M., Chwalba, A., & Kasperczyk, S. (2021). Relationship between lead absorption and iron status and its association with oxidative stress markers in lead-exposed workers. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 68, 126841.
- Wardhono, A., Arifandi, J. A., & Indrawati, Y. (2019). *Standar dan Mutu Tembakau Besuki Na-Oogst*. Pustaka Abadi.
- Wimpy, W. (2024a). 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. (2024b). KORELASI ANTARA TIMBAL DALAM DARAH DAN ESTIMASI LAJU FILTRASI GLOMERULUS DI INDUSTRI PERCETAKAN. *Journal of Nursing and Health*, 9(3, September), 349–356.
- 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.
- World Health Organization. (2020). *WHO guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331505/9789240000124-eng.pdf>
- 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).