

Hubungan Kadar Tembaga (Cu) Terhadap Jumlah Eritrosit Dalam Darah Pekerja Bengkel Las Kecamatan Manggala

Ayusti Dirga¹, Nurul Almanda², Risky Nurul Fadlila RN³, Santi⁴

Universitas Megarezky

Corresponding Author Ayusti Dirga, E-Mail: ayusti.dirga17@gmail.com

Published: January, 2025

ABSTRACT

Copper (Cu) metal is required by the body in small amounts; however, in excessive quantities, it can have harmful effects, particularly by affecting the hematologic system through interference with heme synthesis and by shortening the lifespan of red blood cells (erythrocytes). One activity that produces copper metal pollutants is the welding process. The aim of this study is to determine the relationship between Cu levels and the number of erythrocytes in the blood of welding workshop workers in Manggala District, Makassar City. This research employs an analytical quantitative study design with a correlational observational approach and uses purposive sampling, involving 15 blood samples from welding workshop workers. Copper levels were analyzed using Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrum (ICP-MS), while erythrocyte counts were measured using a hematology analyzer. Normality was tested using the Shapiro-Wilk test, and the Pearson correlation test was used to analyze the relationship between variables. Copper levels ranged from 0.6002 to 1.0352 mg/L, and erythrocyte counts ranged from 4.33 to 6.31 million/ μ L. The normality test showed that the data were normally distributed ($p > 0.05$). The Pearson correlation test indicated a weak negative relationship between copper levels and erythrocyte count, with an r -value of -0.268 and a p -value of 0.333, which was not statistically significant

Keywords: Copper (Cu), Erythrocytes, Welding workers, Metal toxicity, Pearson correlation

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Pekerja bengkel las merupakan salah satu kelompok yang memiliki risiko tinggi terhadap paparan logam berat, termasuk tembaga. Proses pengelasan dan pemotongan logam menghasilkan partikel logam halus yang dapat terhirup atau terserap melalui kulit, berpotensi menyebabkan peningkatan kadar Cu dalam tubuh (Ghiasvand et.al., 2017). Studi tahun 2023 menunjukkan bahwa pekerja las memiliki kadar tembaga dan seng dalam darah yang jauh lebih tinggi dibanding kontrol, khususnya pada perokok, serta peningkatan stres oksidatif yang signifikan. Tembaga merupakan elemen esensial bagi enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD) dan sitokrom C-Oksidase, namun paparan berlebihan dapat berdampak toksik (Oliveira *et.al.*, 2018)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu unsur mikronutrien esensial yang berperan penting dalam berbagai proses biologis tubuh, termasuk metabolisme besi, fungsi sistem saraf, dan pembentukan sel darah merah secara tidak langsung melalui aktivitas enzimatik seperti ceruloplasmin dan ferroksidase (Medeiros & Wildman, 2015; Li & Zhang, 2018). Literatur biomedis terbaru menjelaskan bahwa Cu diperlukan untuk transfer besi menuju mitokondria dan sintesis hemoglobin; defisiensi Cu menghambat

diferensiasi eritroid dan memperpanjang proliferasi prekursor, menyebabkan anemia normositik atau hipokromik (Jensen *et.al.*, 2019) Selain itu, penghambatan enzim ferroksidase (ceruloplasmin/hephaestin) akibat defisiensi atau kelebihan Cu memengaruhi mobilisasi besi dari makrofag, yang penting untuk eritropoiesis yang normal (Takahashi, 2022).

Eritrosit, atau sel darah merah, merupakan komponen utama darah yang berfungsi membawa oksigen ke jaringan tubuh. Jumlah eritrosit yang abnormal sering kali menjadi indikator dari gangguan nutrisi atau paparan zat toksik, termasuk logam berat. Beberapa studi melaporkan bahwa ketidakseimbangan unsur logam seperti tembaga dapat memengaruhi homeostasis zat besi dan menurunkan produksi eritrosit, terutama dalam kondisi defisiensi atau toksisitas Cu (Langley dan Dameron, 2013; Myint *et.al.*, 2018)

Meskipun banyak penelitian mencermati paparan logam berat di industri besar, kajian terhadap pekerja bengkel las informal, seperti yang ada di Kecamatan Manggala, masih sangat terbatas. Aktivitas pengelasan lokal belum rutin disertai pemantauan parameter hematologis dan trace metal. Padahal, pemantauan kadar Cu dan jumlah eritrosit dapat menjadi indikator penting dalam deteksi awal gangguan hematologis akibat paparan lingkungan kerja .

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar tembaga (Cu) dalam darah terhadap jumlah eritrosit pada pekerja bengkel las di Kecamatan Manggala. Hasilnya diharapkan memberikan kontribusi penting terhadap upaya kesehatan kerja, khususnya dalam sektor informal yang minim pengawasan, serta menjadi dasar rekomendasi kebijakan mengenai pemeriksaan kesehatan berkala.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Sampel Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif analitik dengan pendekatan observasional korelasional dengan jumlah sampel sebanyak 15 sampel darah pekerja bengkel las yang ditentukan dengan teknik *purposive sampling* yaitu memenuhi kriteria: laki-laki perokok dengan kategori ringan dan sedang, lama bekerja ≥ 5 tahun dan setiap hari bekerja ≥ 8 jam.

Pemeriksaan Kadar Logam Cu dan Jumlah eritrosit

Pemeriksaan kadar Logam Cu dilakukan menggunakan alat *Inductively Coupled Plasma -Mass Spectrum* (ICP-MS) dan pemeriksaan jumlah eritrosit menggunakan alat *Hematology analyzer Tekom-8520*. Penelitian ini dimulai dengan pengambilan dan persiapan sampel darah yang diambil dari responden masing-masing 3ml untuk pemeriksaan logam Cu dan Eritrosit.

Pemeriksaan kadar logam Cu dimulai dengan proses destruksi basah yaitu penambahan HNO_3 pekat 65% yang selanjutnya dipanaskan pada suhu 200-300 °C sampai didapatkan larutan bening.

Kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam gelas ukur dan ditambahkan akuades dan disaring kembali hingga didapatkan filtrat untuk selanjutnya dilakukan pengukuran pada alat ICP-MS. Untuk larutan standar Cu yang digunakan yaitu larutan standar multi logam berat (Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Zn, Pb, Se, As, Hg, Ba, Ag, Co, Ni, Cd) dengan variasi konsentrasi larutan standar yaitu 10; 50; 100; 150; 200 dan 500 ppb.

Pemeriksaan jumlah eritrosit dimulai dengan sampel darah EDTA dihomogenisasi dengan cara membolak-balikkan sampel $\pm$ 8 kali. Alat secara otomatis akan menghisap sampel sejumlah 88 μ L. Alat akan melakukan analisis dan hasil akan dikeluarkan melalui print out.

Pengolahan Data Statistik Hubungan Kadar Cu terhadap Jumlah Eritrosit

Data hasil pemeriksaan kadar logam Cu dan jumlah eritrosit dilakukan uji normalitas data dengan *Shapiro-Wilk*. Kemudian dilanjutkan dengan uji korelasi Pearson jika data berdistribusi normal, atau uji Spearman jika tidak berdistribusi normal. Selanjutnya Hasil dianggap bermakna secara statistik jika nilai $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kadar Cu dan jumlah eritrosit yang dilakukan pada 15 responden, dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Kadar Cu dan Jumlah Eritrosit

Kode Sampel	Kadar Cu (mg/l)	Jumlah Eritrosit (juta/ μ L)
A	0,6541	5,15
B	0,7113	5,95
C	0,9146	5,34
D	0,7523	5,15
E	0,7185	5,31
F	0,7948	5,29
G	0,7218	4,49
H	0,6002	5,99
I	1,0352	4,90
J	0,8084	6,31
K	0,7666	5,31
L	0,8313	4,33
M	0,7267	4,77
N	0,8362	6,10
O	0,9905	4,71

Tabel 1. menunjukkan bahwa dari 15 sampel, terdapat 9 sampel (60%) yang memiliki kadar Cu rendah ($<0,8$ mg/l) dan kadar Cu normal sebanyak 6 sampel (40%) dengan kadar Cu tertinggi yaitu 1,0352 mg/l dan kadar Cu terendah yaitu 0,6002 mg/l. Nilai ambang batas logam Cu dalam darah yaitu 0,8-1,2 mg/Kg (mg/l). Untuk hasil pemeriksaan jumlah eritrosit terdapat 4 sampel (26,67%) kategori meningkat dan 11 sampel (73,33%) kategori normal. Jumlah eritrosit tertinggi yaitu 6,31 juta/ μ L dan jumlah eritrosit terendah yaitu 4,33 juta/ μ L. Nilai normal (rujukan) jumlah eritrosit yaitu 3,5 – 5,5 Juta/ μ L.

Table 2. Uji Normalitas Data

Variabel	n	<i>p</i>	Keterangan
Kadar Cu	15	0.570	Berdistribusi normal
Jumlah Eritrosit	15	0.349	Berdistribusi normal

Tabel 2. menunjukkan bahwa nilai *p* kadar Cu ($p=0,570$) dan jumlah eirtrosit ($p=0,349$) diperoleh hasil $p>0,05$ yang dapat diartikan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji korelasi pearson. untuk mengetahui hubungan antara kadar Cu dan jumlah eritrosit.

Table 3. Analisis Korelasi Tembaga dengan Jumlah Eritrosit

Variabel	<i>R</i>	<i>P</i>
Tembaga (Cu) dengan Eritrosit	-0.268	0.333

Berdasarkan Tabel 3. analisis hubungan kadar Cu terhadap jumlah eritrosit pekerja bengkel las dengan menggunakan uji korelasi pearson didapatkan nilai nilai $R = -0.268$ yang menunjukkan hububgan negative lemah antara kadar Cu dan jumlah eritrosit, dan nilai $p= 0.333$ yang menunjukkan bahwa hubungan ini tidak signifikan secara statistik karena $p > 0.05$.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara kadar tembaga (Cu) dalam darah dengan jumlah eritrosit. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa kadar Cu dalam darah berkisar antara 0,6002 hingga 1,0352 mg/L, sementara jumlah eritrosit berkisar antara 4,33 hingga 6,31 juta/ μ L.

Secara umum, tidak ditemukan pola yang konsisten antara kadar Cu dan jumlah eritrosit. Misalnya, sampel dengan kadar Cu tinggi (seperti sampel I: 1,0352 mg/L) justru memiliki jumlah eritrosit yang lebih rendah (4,90 juta/ μ L), sedangkan sampel dengan kadar Cu rendah (seperti sampel H: 0,6002 mg/L) menunjukkan jumlah eritrosit yang relatif tinggi (5,99 juta/ μ L). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar Cu tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan jumlah eritrosit.

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data memiliki distribusi normal, sebagai syarat penggunaan uji parametrik. Hasilnya menunjukkan bahwa baik kadar Cu ($p = 0,570$) maupun jumlah eritrosit ($p = 0,349$) berdistribusi normal. Oleh karena itu, uji korelasi Pearson layak digunakan untuk mengevaluasi hubungan antar variabel.

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar $-0,268$ dengan nilai $p=0,333$. Ini menandakan adanya hubungan negatif yang lemah antara kadar Cu dan jumlah eritrosit, namun hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik. Artinya, dalam populasi sampel ini, kadar Cu tidak memiliki pengaruh yang nyata terhadap jumlah eritrosit. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Gao *et al.*, (2020), yang menunjukkan bahwa kadar Cu berhubungan dengan anemia hanya pada kasus defisiensi berat. Zhang *et al.*, (2021) juga menyatakan bahwa kadar Cu tidak berkorelasi signifikan dengan eritrosit pada individu sehat.

Beberapa faktor yang dapat menjelaskan mengapa tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara kadar Cu dan jumlah eritrosit pada penelitian ini yaitu logam Cu memang berperan dalam metabolisme besi dan fungsi enzim tertentu (seperti ceruloplasmin), tetapi tidak secara langsung memengaruhi pembentukan eritrosit (eritropoiesis) (Medeiros & Wildman, 2015; Li & Zhang, 2018). Seluruh kadar Cu pada sampel masih dalam batas fisiologis normal, sehingga tidak menunjukkan efek toksik maupun defisiensi yang ekstrem (IOM, 2011). Eritrosit juga dipengaruhi oleh zat besi, vitamin B12, folat, status hormon eritropoietin, hingga kondisi inflamasi dan nutrisi yang tidak diukur dalam penelitian ini (Kassebaum, 2016; Camaschella, 2015). Ukuran sampel yang terbatas ($n=15$) dan variasi biologis individu dapat menyebabkan hasil yang tidak signifikan secara statistik (Kim, 2020). Pengukuran kadar Cu dalam serum belum tentu mencerminkan status fungsional Cu di jaringan atau aktivitas biologisnya (Uriu & Keen, 2016).

KESIMPULAN

Meskipun tembaga merupakan mikronutrien penting dalam metabolisme, penelitian ini menunjukkan bahwa kadar Cu masih dalam batas normal dan tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan jumlah eritrosit. Hal ini menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor multifaktorial dalam regulasi eritropoiesis dan perlunya pendekatan komprehensif dalam penelitian lanjutan

DAFTAR PUSTAKA

- Camaschella, C. (2015). Iron-deficiency anemia. *New England Journal of Medicine*, 372(19), 1832–1843.
- Gao, J., Xu, B., & Guo, Y. (2020). Trace elements and hematological parameters: Results from a large cross-sectional study in China. *PLoS ONE*, 15(7).
- IOM. (2011). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academies Press.

- Jensen, E. L., Gonzalez-Ibanez, A. M., Mendoza, P., Ruiz, L. M., Riedel, C. A., Simon, F., Schuringa, J. J., & Elorza, A. A. (2019). Copper deficiency-induced anemia is caused by a mitochondrial metabolic reprogramming in erythropoietic cells. *Metallomics: Integrated Biometal Science*, 11(2), 282–290.
- Kassebaum, N. J. (2016). The global burden of anemia. *Hematology/Oncology Clinics of North America*, 30(2), 247–308.
- Kim, J. S., et al. (2020). Biological variability and statistical considerations in clinical biomarker research. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 34(4), e23150.
- Langley, A., & Dameron, C. T. (2013). Copper and anesthesia: clinical relevance and management of copper related disorders. *Anesthesiology Research and Practice*, 2013, 750901.
- Li, Y., & Zhang, J. (2018). The role of ceruloplasmin in iron metabolism and its clinical significance. *Clinica Chimica Acta*, 478, 140–147.
- Medeiros, D. M., & Wildman, R. (2015). *Advanced Human Nutrition*. Jones & Bartlett Learning.
- Oliveira, D. C., Nogueira-Pedro, A., Santos, E. W., Hastreiter, A., Silva, G. B., Borelli, P., & Fock, R. A. (2018). A review of select minerals influencing the haematopoietic process. *Nutrition Research Reviews*, 31(2), 267–280. <https://doi.org/10.1017/S0954422418000112>
- Takahashi, A. (2022). Role of Zinc and Copper in Erythropoiesis in Patients on Hemodialysis. *Journal of Renal Nutrition: The Official Journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*, 32(6), 650–657.
- Uriu-Adams, J. Y., & Keen, C. L. (2016). Copper, oxidative stress, and human health. *Molecular Aspects of Medicine*, 36(1), 106–116.
- Zhang, S. (2021). Association of copper status with hemoglobin and anemia in Chinese children. *Nutrients*, 13(1), 104.
- Zhang, X. (2021). Association between serum copper concentrations and anemia in Chinese adults: a cross-sectional study. *Biological Trace Element Research*, 199, 3451–3457.