

## ***Correlation between Lead Metal (Pb) and Cadmium Metal (Cd) Levels with Erythrocyte Count in Batik Industry Workers in Jetis Sidoarjo*** **[Korelasi Antara Kadar Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dengan Jumlah Eritrosit pada Pekerja Industri Batik di Jetis Sidoarjo]**

Rhenald Aditya Nughroho<sup>1)</sup>, Galuh Ratmana Hanum <sup>\*2)</sup> Jamilatur Rohmah <sup>3)</sup> Chylen Setiyo Rini<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: galuhratmanahanum@umsida.ac.id

**Abstract.** *The batik industry is one of the informal business sectors that in the production process uses various chemicals, including dyes that contain heavy metals such as lead (Pb) and cadmium (Cd). Repeated and long-term exposure to these two heavy metals can cause health problems, one of which is in the hematological system which plays a role in the formation of erythrocytes. This research aims to find out the relationship between lead (Pb) and cadmium (Cd) levels with the number of erythrocytes in batik industry workers in Kampung Batik Jetis, Sidoarjo. This research uses a cross-sectional design involving 19 batik industry workers who were selected through the total sampling technique. The measurement of lead (Pb) and cadmium (Cd) levels in the blood is carried out using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method, while the number of erythrocytes is obtained from the results of a complete blood test. Data analysis begins with normality testing using the Shapiro-wilk test, then continued with the Pearson correlation test to determine the relationship between variables. The results of the study showed that the average amount of Pb in the blood was  $3.37 \pm 1.16 \mu\text{g/dL}$  Cd level was  $4.45 \pm 1.01 \text{ ng/mL}$ , and the number of erythrocytes was  $4,45 \pm 0,91$  million cells/ $\mu\text{L}$ . Pearson correlation analysis shows a meaningful negative relationship between Pb levels and the number of erythrocytes ( $r = -0.522, p = 0.022$ ), as well as a stronger negative relationship between Cd levels and the number of erythrocytes ( $r = -0.605, p = 0.006$ ). This finding indicated that the increase in Pb and Cd levels in the blood was followed by a decrease in the number of erythrocytes. Thus, exposure to heavy metals in batik industry workers is suspected to have an impact on the hematological system, especially related to the decrease in the number of erythrocytes.*

**Keywords** - Lead, Cadmium, Erythrocytes, Batik Workers, Heavy Metals.

**Abstrak.** *Industri batik merupakan salah satu sektor usaha informal yang dalam proses produksinya menggunakan berbagai bahan kimia, termasuk zat pewarna yang mengandung logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Paparan kedua logam berat tersebut secara berulang dan dalam jangka panjang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, salah satunya pada sistem hematologi yang berperan dalam pembentukan eritrosit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dengan jumlah eritrosit pada pekerja industri batik di Kampung Batik Jetis, Sidoarjo. Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional dengan melibatkan 19 pekerja industri batik yang terpilih melalui Teknik total sampling. Pengukuran kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam darah dilakukan menggunakan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), sedangkan jumlah eritrosit diperoleh dari hasil pemeriksaan darah lengkap. Analisis data diawali dengan pengujian normalitas menggunakan uji Shapiro-wilk, kemudian dilanjutkan dengan uji korelasi pearson untuk mengetahui hubungan antar variable. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kada Pb dalam darah sebesar  $3.37 \pm 1.16 \mu\text{g/dL}$  kadar Cd sebesar  $4.45 \pm 1.01 \text{ ng/mL}$ , dan jumlah eritrosit sebesar  $4,45 \pm 0,91$  juta sel/ $\mu\text{L}$ . Analisis korelasi pearson menunjukkan adanya hubungan negatif yang bermakna antara kadar Pb dan jumlah eritrosit ( $r = -0.522, p = 0.022$ ), serta hubungan negatif yang lebih kuat antara kadar Cd dan jumlah eritrosit ( $r = -0.605, p = 0.006$ ). Temuan ini menidikasikan bahwa peningkatan kadar Pb dan Cd dalam darah cenderung diikuti oleh penurunan jumlah eritrosit. Dengan demikian, paparan logam berat pada pekerja industri batik diduga dapat memberikan dampak terhadap sistem hematologi, khususnya berkaitan dengan berkurangnya jumlah eritrosit.*

**Kata Kunci** - Timbal, Kadmium, Eritrosit, Pekerja Batik, Logam Berat.

### **I. PENDAHULUAN**

Beberapa daerah di Indonesia memiliki jenis batik yang berbeda-beda, dengan corak, warna, dan tema lokal yang unik sesuai daerah asalnya. Salah satu jenis batik yang terkenal adalah batik tulis khas Sidoarjo, dengan Kampung Batik Jetis sebagai salah satu pusat produksinya. Kampung Jetis menjadi tempat tinggal para pengrajin sekaligus tempat produksi batik, sehingga rumah juga berfungsi sebagai tempat usaha batik [1]. Proses pembatikan melibatkan serangkaian tahapan, dan industri batik termasuk dalam jenis industri yang menghasilkan limbah cair, terutama dari

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

proses pewarnaan. Pewarna sintetis yang stabil membuatnya sulit dan lama terurai di lingkungan, berpotensi menjadi polutan yang mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Pewarna sintetis ini mengandung senyawa kimia berbahaya, termasuk logam berat seperti krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn). Senyawa-senyawa tersebut dapat menyebabkan kanker pada makhluk hidup [2]. Tahapan dalam proses pembuatan kain batik meliputi beberapa tahap, di antaranya pencantingan, pencelupan, fiksasi warna, dan pelorodan. Pewarnaan dilakukan pada tahap pencelupan dan fiksasi warna. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada tahun 2022 dengan menggunakan metode X-Ray Fluorescence (XRF), ditemukan bahwa pewarna sintetis seperti Remazol, Naphtol, dan Indigosol mengandung logam berat, antara lain tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), aluminium (Al), besi (Fe), dan timbal (Pb) [3].

Saat ini di Kampung Batik Jetis terdapat lima unit usaha dengan pengrajin yang masih aktif. Namun, hanya dua di antaranya yang mampu memproduksi batik dalam jumlah besar. Sementara itu, tiga unit usaha lainnya hanya menghasilkan batik dalam jumlah terbatas. Dua unit usaha tersebut mampu memproduksi sekitar 3–4 lembar kain batik per hari, sehingga dalam kurun waktu empat bulan dapat menghasilkan sekitar 300 lembar kain batik. Jumlah ini masih dapat meningkat apabila terdapat pesanan dalam jumlah besar (grosir). Proses pembuatan kain batik dimulai dari menjahit tepi kain, menggambar motif, mencanting (menutupi motif dengan malam), hingga pewarnaan yang dilakukan secara berulang. Pewarna yang digunakan pada batik yaitu naphthol, indigosol, rapid [4].

Sementara itu, hasil penelitian tahun 2021 perajin batik Sasirangan di Desa Kertak Hanyar menunjukkan bahwa seluruh perajin menggunakan zat pewarna kimia sintetis seperti rapid, Naphtol, dan Indigosol, yang diketahui mengandung logam berat berupa kromium (Cr) dan kadmium (Cd) [5]. Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki massa jenis tinggi (lebih dari 5 g/cm<sup>3</sup>) dan bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi rendah. Beberapa logam berat yang umum ditemukan adalah timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As). Logam-logam ini dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh dan lingkungan, serta menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, seperti kerusakan ginjal, gangguan saraf, hingga kelainan darah. Sifat bioakumulatif dan sulit terurai menjadikan logam berat berbahaya, terutama jika terpapar secara kronis melalui makanan, udara, atau air [6].

Logam timbal, atau plumbum (Pb), merupakan zat berbahaya bagi manusia karena dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis. Dalam tubuh manusia, timbal memengaruhi sistem hematologi dengan mengganggu sintesis heme melalui berbagai mekanisme, salah satunya dengan merusak aktivasi enzim  $\delta$ -aminolevulinic acid dehidratase ( $\delta$ -ALAD) dan ferrochelatase. Selain itu, meningkatnya kadar timbal dalam darah dapat mengganggu eritropoiesis dengan menghambat sintesis protoporfirin, yang berpotensi meningkatkan risiko anemia [7]. Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang digunakan sebagai bahan pigmen dalam pewarna sintetis, terutama untuk menghasilkan warna kuning, jingga, dan merah, sehingga berpotensi menjadi sumber paparan pada pekerja yang terlibat dalam proses pewarnaan batik. Sebagai salah satu logam berat, kadmium berbahaya karena dapat meningkatkan risiko terhadap pembuluh darah. Dalam tubuh, kadmium terakumulasi di ginjal dan hati, terutama dalam bentuk metalothionein. Metalothionein mengandung asam amino sistein, di mana Cd terikat pada gugus sulfhidril (-SH) dalam enzim karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin. Toksisitas kadmium kemungkinan besar disebabkan oleh interaksi antara kadmium dan protein tersebut, yang dapat menghambat aktivitas enzim [8].

Menurut penelitian yang dilakukan tahun 2017, Studi ini meneliti efek paparan timbal terhadap jumlah eritrosit pada pekerja industri. Ditemukan bahwa peningkatan kadar timbal dalam darah berhubungan dengan penurunan jumlah eritrosit, yang dapat menyebabkan anemia [9]. Menurut penelitian tahun 2020, penelitian ini menyatakan bahwa kadmium yang masuk melalui inhalasi dan ingesti akan diabsorpsi ke aliran darah, dengan lebih dari 90% kadmium berada di sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit), sementara hanya sekitar 10% berada di plasma darah [10]. Menurut penelitian tahun 2020. Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kadmium yang rendah pada sampel darah tidak mempengaruhi jumlah eritrosit dan leukosit, dengan rata-rata jumlah eritrosit dan leukosit berada dalam rentang normal [11].

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan uji eksperimental dan pendekatan *cross sectional* untuk menggambarkan kondisi paparan logam berat dan kadar eritrosit pada pekerja industri batik di Kampung Batik Jetis, Sidoarjo. Populasi penelitian ini terdiri dari seluruh pekerja industri batik di Kampung Batik Jetis, Sidoarjo. Penentuan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria tertentu, yang dilanjutkan dengan metode total sampling untuk karena jumlah subjek yang tersedia hanya sebanyak 19 orang, sehingga tidak memenuhi syarat minimal jumlah sampel berdasarkan rumus Federer yang umumnya digunakan untuk menentukan ukuran sampel dalam penelitian eksperimental. Kriteria inklusi dalam penelitian ini mencakup pekerja industri batik yang berusia 30–65 tahun dengan masa kerja minimal 5 tahun, baik laki-laki maupun perempuan. Karakteristik yang dikaji pada responden meliputi kebiasaan merokok, konsumsi minuman beralkohol, kebiasaan

mengonsumsi air mineral, serta pola makan bergizi. Selain memenuhi kriteria tersebut, responden diwajibkan memberikan persetujuan untuk mengikuti penelitian dengan menandatangani lembar *informed consent*. Adapun kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah pekerja yang berusia lebih dari 65 tahun atau memiliki masa kerja kurang dari 5 tahun. Penelitian dilaksanakan pada periode Agustus hingga Oktober 2025 di Laboratorium RS Bhayangkara Sabhara Porong dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (BBLABKESMAS) Surabaya. Proses pengambilan sampel darah dilakukan secara langsung di lingkungan kerja industri batik di Jetis, Sidoarjo, pada pagi hari sebelum para pekerja memulai aktivitasnya. Dari setiap responden diambil dua tabung vakum yang mengandung antikoagulan K3EDTA (*Potassium Ethylenediaminetetraacetic Acid*) dengan volume masing-masing 3 mL. Tabung pertama digunakan untuk pemeriksaan kadar timbal (Pb), sedangkan tabung kedua digunakan untuk analisis kadar kadmium (Cd). Selain itu, salah satu sampel darah tersebut dimanfaatkan untuk pemeriksaan darah lengkap. Pengujian kadar logam berat dilakukan di BBLABKESMAS Surabaya menggunakan metode yang telah ditetapkan, sedangkan pemeriksaan darah lengkap dilakukan di Laboratorium RS Bhayangkara Sabhara Porong. Pengukuran kadar logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectro photometer* (Thermo Scientifici CE 3000 Series) dengan metode nyala *flame* (*flame AAS*). Proses atomisasi berlangsung pada *burner head* menggunakan gas acetylene dengan laju alir  $\pm 1.5$  L/menit dan udara  $\pm 10$  L/menit. Lampu katoda berlubang (*Hollow Cathode Lamp*) khusus Pb dan Cd digunakan masing-masing pada panjang gelombang 283,3 nm (Pb) dan 228,8 nm (Cd). Data dari hasil penelitian dianalisis menggunakan SPSS 23 dengan uji normalitas Saphiro Wilk dan dilanjutkan uji Korelasi Pearson. Penelitian ini telah mendapatkan uji kelaikan etik dari Universitas Airlangga Surabaya Fakultas Kedokteran Gigi dengan nomor sertifikat : 1087/HRECC.FODM/X/2025.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Karakteristik Responden

Penelitian ini dilaksanakan di Kampung Batik Jetis, Kelurahan Lemah Putro, Kabupaten Sidoarjo, dengan melibatkan sebanyak 19 responden sebagai subjek penelitian.

Tabel 1. Distribusi responden berdasarkan umur

Rentang Umur	Frekuensi (n)	Persentase (%)
30-39	3	15,8%
40-49	6	31,6%
50-59	8	42,1%
$\geq 60$	2	10,5%
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>

Gambaran responden menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kelompok usia 50–59 tahun sebesar 42,1%, diikuti oleh kelompok usia 40–49 tahun sebesar 31,6%. Pada kelompok usia tersebut, laju metabolisme tubuh umumnya lebih rendah dibandingkan usia yang lebih muda, sehingga kemampuan tubuh dalam mengeliminasi logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) cenderung menurun. Akibatnya, logam berat yang masuk ke dalam tubuh berpotensi mengalami akumulasi di jaringan seperti tulang, ginjal, dan hati. Selain itu, penurunan fungsi organ yang terjadi pada usia menengah hingga lanjut dapat meningkatkan kerentanan terhadap efek toksik, termasuk gangguan ginjal, sistem saraf, dan sistem peredaran darah. Kondisi ini menyebabkan pekerja usia lanjut yang masih aktif di lingkungan industri memiliki risiko kesehatan yang lebih tinggi akibat akumulasi timbal dalam darah maupun jaringan tubuh [12].

Hasil penelitian ini didukung oleh temuan penelitian terdahulu tahun 2015 tentang hubungan masa kerja dan lama kerja dengan kadar timbal (Pb) dalam darah pada bagian pengecatan industri karoseri Semarang. Paparan timbal dilaporkan terjadi pada berbagai kelompok usia pekerja, yang menunjukkan bahwa risiko paparan tidak terbatas pada usia tertentu. Meskipun demikian, pekerja dengan usia yang lebih tinggi berpotensi mengalami penumpukan paparan yang lebih besar akibat kontak jangka panjang dengan lingkungan kerja yang mengandung timbal [13].

Tabel 2. Distribusi responden berdasarkan masa kerja

Kategori Masa Kerja	Frekuensi (n)	Persentase (%)
10-19 tahun	3	15,8%
20-29 tahun	6	31,6%
30-39 tahun	7	36,8%
$\geq 40$ tahun	3	15,8%

<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>
--------------	-----------	-------------

Merujuk pada **Tabel 2** mengenai masa kerja responden, sebagian besar pekerja memiliki masa kerja yang relatif panjang di lingkungan industri yang berisiko terhadap paparan timbal dan kadmium. Kelompok dengan masa kerja 30–39 tahun merupakan kategori paling dominan, yaitu sebanyak 7 responden 36,8%. Paparan timbal yang berlangsung dalam jangka waktu lama cenderung menyebabkan peningkatan kadar timbal dalam tubuh. Durasi kerja yang panjang dengan paparan timbal secara terus-menerus dapat mengganggu kemampuan tubuh dalam mengeliminasi timbal dari darah, sehingga logam tersebut terakumulasi dan mengendap dalam tubuh serta berpotensi menimbulkan efek toksik [14].

Tabel 3. Distribusi frekuensi responden berdasarkan gejala yang dirasakan

<b>Karakteristik Responden</b>	<b>Jumlah Responden (n)</b>	<b>Presentase %</b>
<b>Pusing</b>		
Merasakan gejala	2	10,5%
Tidak merasakan gejala	17	89,4%
<b>Nyeri sendi</b>		
Merasakan gejala	8	42,1%
Tidak merasakan gejala	11	57,8%
<b>Mudah Lelah</b>		
Merasakan gejala	7	36,8%
Tidak merasakan gejala	12	63,2%
<b>Iritasi kulit</b>		
Merasakan gejala	0	0%
Tidak merasakan gejala	19	100%
<b>Sesak nafas</b>		
Merasakan gejala	0	100%
Tidak merasakan gejala	19	100%

Hasil penelitian terhadap 19 responden menunjukkan adanya berbagai keluhan kesehatan pada pengrajin batik. Berdasarkan Tabel 3, keluhan yang paling banyak dilaporkan adalah nyeri sendi 42,1%, diikuti oleh mudah lelah 36,8% dan pusing 10,5%, sedangkan keluhan berupa iritasi kulit dan sesak napas tidak ditemukan. Temuan ini mengindikasikan bahwa keluhan kesehatan yang dominan berkaitan dengan gangguan muskuloskeletal dan kelelahan fisik, sementara keluhan yang berhubungan dengan sistem pernapasan dan kulit relatif tidak dijumpai. Hasil penelitian ini sejalan dengan studi pada tahun 2018 yang melaporkan bahwa pekerja batik dengan paparan logam berat, khususnya timbal dan kromium, mengalami keluhan seperti nyeri sendi, pusing, dan iritasi kulit dengan prevalensi berkisar antara 36–48%, sehingga memperkuat dugaan bahwa keluhan kesehatan yang dialami responden berkaitan dengan paparan logam berat secara kronis. [15].

Tabel 4. Distribusi frekuensi responden berdasarkan penggunaan APD, jenis APD, lama terpapar, dan pengetahuan tentang logam berat

<b>Karakteristik Responden</b>	<b>Kategori</b>	<b>Jumlah Responden (n)</b>	<b>Presentase (%)</b>
<b>Pakai APD</b>	Ya	10	52,6%
	Tidak	9	47,4%
<b>Jenis APD</b>	Sarung tangan	2	10,5%
	Sarung tangan dan apron	8	42,1%
	Tidak memakai (0)	9	47,3%
<b>Lama rata-rata terpapar perwarna (jam/hari)</b>	4 jam	8	42,1%
	6 jam	11	57,9%
<b>Mengetahui logam berat</b>	Ya	0	0%
	Tidak	19	100%

Hasil survei terhadap 19 responden menunjukkan bahwa sebanyak 52,6% pengrajin telah menggunakan alat pelindung diri (APD) dalam proses kerja, sedangkan 47,4% lainnya tidak menggunakan APD, dengan jenis APD yang paling banyak digunakan berupa kombinasi sarung tangan dan apron (42,1%). Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun sebagian pengrajin telah menerapkan penggunaan APD, masih terdapat proporsi yang cukup besar yang belum memperoleh perlindungan optimal dari paparan bahan kimia pewarna batik, sehingga berpotensi meningkatkan risiko paparan logam berat [16]. Selain itu, seluruh responden (100%) menyatakan tidak mengetahui adanya kandungan logam berat dalam proses pewarnaan maupun kegiatan mencanting, yang mencerminkan rendahnya tingkat pengetahuan dan kesadaran pengrajin terhadap potensi bahaya bahan yang digunakan serta berdampak pada kurang optimalnya penerapan upaya perlindungan diri selama aktivitas kerja. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penerapan penggunaan alat pelindung diri (APD) oleh pengrajin batik masih belum optimal. Rendahnya tingkat pengetahuan dan kesadaran pengrajin terhadap potensi bahaya bahan pewarna berkontribusi pada rendahnya kepatuhan dalam penggunaan APD secara konsisten. Sejalan dengan hal tersebut [3] menegaskan bahwa praktik kerja tanpa perlindungan yang memadai dapat meningkatkan risiko paparan bahan berbahaya selama proses produksi batik [3]. Oleh karena itu, peningkatan edukasi serta penguatan penerapan penggunaan APD menjadi langkah penting dalam upaya perlindungan kesehatan pengrajin batik. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan APD yang tidak konsisten berpotensi memperbesar risiko kesehatan pekerja, terutama pada industri batik tradisional yang masih minim penerapan standar keselamatan kerja. Oleh karena itu, peningkatan edukasi serta penguatan penerapan penggunaan APD menjadi langkah penting dalam upaya perlindungan kesehatan pengrajin batik [17].

Tabel 5. Distribusi frekuensi responden berdasarkan kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, dan pola konsumsi sehat.

Karakteristik responden	Kategori	Jumlah responden (n)	Presentase (%)
Merokok	Ya	6	31,6%
	tidak	13	68,4%
Mengonsumsi alkohol	Ya	0	0%
	Tidak	19	100%
Mengonsumsi air mineral	Ya	19	0%
	tidak	0	100%
Mengonsumsi makanan bergizi	Ya	19	100%
	Tidak	0	0%

Analisis terhadap 19 responden menunjukkan bahwa sebanyak 6 orang (31,6%) memiliki kebiasaan merokok, sedangkan 13 orang (68,4%) tidak merokok. Kondisi ini perlu mendapat perhatian, khususnya pada pengrajin batik yang terpapar bahan pewarna yang berpotensi mengandung logam berat, mengingat kebiasaan merokok dapat meningkatkan risiko paparan timbal (Pb) dalam tubuh dibandingkan dengan pekerja yang tidak merokok. Seluruh pekerja (100%) dilaporkan tidak mengonsumsi alkohol, yang berperan sebagai faktor protektif dalam proses metabolisme dan detoksifikasi zat berbahaya. Selain itu, seluruh pekerja juga mengonsumsi air mineral dan makanan bergizi, yang berpotensi menurunkan penyerapan logam berat di dalam tubuh [18].

Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor kebiasaan individu, seperti merokok, dapat memperbesar beban paparan kadmium (Cd) pada pengrajin batik di samping paparan dari lingkungan kerja. Paparan Cd yang berlangsung secara kronis diketahui bersifat akumulatif dan berpotensi menimbulkan dampak kesehatan jangka panjang, terutama gangguan fungsi ginjal dan sistem metabolisme, meskipun pada tahap awal tidak selalu menimbulkan gejala klinis yang jelas [19]. Oleh karena itu, pengendalian faktor perilaku serta peningkatan kesadaran terhadap bahaya logam berat menjadi aspek penting dalam upaya perlindungan kesehatan pengrajin batik.

Tabel 6. Distribusi responden dan hasil kadar logam berat dan kadar Eritrosit

No	Karakteristik Responden	N	%	Nilai Normal	Mean ± SD
1	Timbal (µg/dL)				
	Normal	8	42,1 %	< 3,5 µg/dL [20]	3,5 ± 1,156547
	Tidak Normal	11	57,9 %		
	Total	19			
2	Kadmium (ng/mL)				
	Normal	11	57,9 %	< 5 ng/mL [21]	4,5 ± 1,007399

No	Karakteristik Responden	N	%	Nilai Normal	Mean ± SD
	Tidak Normal	8	42,1 %		
	Total	19			
3	Eritrosit				
	Normal	12	63,16%	3,50 – 5,50 × 10 <sup>6</sup> /μL [22]	4,5 ± 0,91396
	Tinggi	3	15,79%		
	Rendah	4	21,05%		
	Total	19			

Hasil penelitian ini menunjukkan kadar timbal (Pb) rata-rata sebesar 3,37 μg/dL. Nilai ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada pekerja industri batik yang melaporkan kadar Pb darah berada pada rentang 0,030–4,896 μg/dL, dengan sebagian besar nilai berada di kisaran 1–4 μg/dL. Hal ini menunjukkan bahwa kadar Pb pada responden masih berada dalam rentang paparan rendah hingga sedang [23]. Berdasarkan hasil pemeriksaan terhadap 19 responden, diperoleh nilai rata-rata kadar Pb sebesar 3,37 ± 1,16 μg/dL. Meskipun secara umum rerata kadar Pb masih berada di bawah ambang batas, distribusi data menunjukkan bahwa sebagian besar responden (57,9%) memiliki kadar Pb di atas nilai normal, yang mengindikasikan adanya paparan timbal yang cukup tinggi. ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2020) menjelaskan bahwa timbal bersifat toksik dan cenderung terakumulasi di dalam darah, tulang, serta jaringan lunak, dengan waktu paruh di tulang yang dapat berlangsung hingga puluhan tahun. Paparan kronis timbal pada kadar di atas normal berpotensi mengganggu pembentukan eritrosit, menurunkan fungsi ginjal, dan memicu gangguan sistem saraf. Kadar normal kadmium (Cd) dalam darah adalah < 5 ng/mL. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai rata-rata kadar Cd sebesar 4,45 ± 1,01 ng/mL, dengan proporsi responden yang melebihi nilai ambang batas mencapai 42,1%. WHO (2021) menyatakan Paparan kronis kadmium (Cd) menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan karena waktu paruh biologisnya yang sangat panjang dalam tubuh manusia, yaitu sekitar 10 hingga 30 tahun [24]. Kadmium cenderung terakumulasi di dalam tubuh, terutama pada organ ginjal dan hati. Penumpukan logam berat ini dapat menimbulkan gangguan fungsi tubulus ginjal serta memengaruhi metabolisme tulang. Selain itu, kadmium juga memiliki efek toksik terhadap proses pembentukan hemoglobin, sehingga dapat meningkatkan risiko terjadinya anemia. Pada penelitian ini, rata-rata jumlah eritrosit responden sebesar 4,45 ± 0,91 juta sel/μL, yang masih berada dalam kisaran nilai normal, yaitu 3,5–5,5 juta sel/μL. Namun, sebanyak 21,1% responden memiliki jumlah eritrosit di bawah batas nilai rujukan. Paparan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) diketahui dapat mengganggu proses hematopoiesis melalui penghambatan aktivitas enzim δ-aminolevulinic acid dehydratase (ALAD) dan ferrochelatase. Kedua enzim tersebut berperan penting dalam sintesis heme, yang merupakan komponen utama hemoglobin, sehingga gangguan pada aktivitasnya dapat menghambat pembentukan eritrosit dan pada akhirnya meningkatkan risiko anemia. Temuan penelitian ini mendukung mekanisme tersebut, di mana beberapa responden dengan kadar Pb dan Cd yang relatif tinggi juga memiliki jumlah eritrosit yang lebih rendah. Selain itu, sebagian responden mengeluhkan gejala yang sering dikaitkan dengan paparan logam berat, seperti mudah lelah (36,8%) dan nyeri sendi (42,1%).

Berdasarkan Tabel 1 sebagian besar responden berusia 50–59 tahun (42,1%) dan 40–49 tahun (31,6%). Seiring bertambahnya usia, fungsi hati dan ginjal cenderung menurun sehingga kemampuan tubuh untuk membuang logam berat juga berkurang. Kondisi ini dapat menyebabkan penumpukan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam tubuh, yang selanjutnya dapat mengganggu pembentukan sel darah merah dan menurunkan jumlah eritrosit. Ditinjau dari masa kerja, responden terbanyak memiliki masa kerja 30–39 tahun (36,8%), diikuti 20–29 tahun (31,6%). Akumulasi logam berat tersebut dapat mengganggu sistem hematopoetik, khususnya proses eritropoiesis, sehingga berpotensi menurunkan jumlah eritrosit [25]. Selain itu, masa kerja yang lama menunjukkan paparan kronis terhadap logam berat di lingkungan kerja, yang dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan darah [26].

Aspek perilaku kerja dan proteksi diri merupakan faktor yang berperan dalam risiko paparan logam berat. Hampir setengah responden (47,4%) dilaporkan tidak menggunakan APD, dengan durasi kerja terbanyak sekitar 6 jam per hari (57,9%). Ketidakteraturan penggunaan APD dapat meningkatkan paparan logam berat melalui inhalasi dan kontak dermal. Di sisi lain, seluruh responden (100%) tidak memiliki pengetahuan terkait logam berat, yang menunjukkan rendahnya kesadaran pencegahan dan berpotensi memperburuk dampak kesehatan. Selain faktor tersebut, kebiasaan merokok yang ditemukan pada 31,6% responden dapat menjadi sumber tambahan paparan kadmium, mengingat asap rokok mengandung partikel kadmium berukuran kecil yang mudah masuk ke saluran pernapasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh responden (100%) memiliki kebiasaan mengonsumsi air mineral dan makanan bergizi setiap hari. Menurut WHO (2017), konsumsi air minum yang memenuhi standar kelayakan dapat membantu tubuh mengeluarkan logam berat melalui proses ekskresi urin. Selain itu, kecukupan

asupan zat gizi, terutama zat besi, kalsium, dan protein, berperan dalam menekan penyerapan logam berat di saluran cerna. Hal ini disebabkan adanya mekanisme kompetitif selama proses absorpsi, di mana zat besi dapat bersaing dengan timbal (Pb) untuk diserap di usus, sedangkan kalsium dapat mengurangi penyerapan kadmium (Cd) melalui interaksi pada protein pengangkut. Mekanisme tersebut diduga dapat membatasi akumulasi logam berat di dalam tubuh. Hal ini dapat menjelaskan mengapa sebagian responden dengan durasi paparan yang tinggi tetap menunjukkan kadar Pb dan Cd dalam batas normal. Namun demikian, faktor protektif tersebut belum sepenuhnya efektif, karena masih ditemukan responden dengan kadar logam berat di atas ambang batas, yang kemungkinan dipengaruhi oleh intensitas paparan yang tinggi, penggunaan APD yang kurang optimal, serta kontribusi kebiasaan merokok.

Meskipun gejala yang dilaporkan responden bersifat non-spesifik—seperti kelelahan dini dan artralgia (nyeri sendi)—manifestasi klinis ini tetap relevan dengan dampak toksisitas logam berat pada sistem hematopoietik dan muskuloskeletal. Rendahnya angka keluhan berupa iritasi pada kulit maupun gangguan saluran pernapasan menunjukkan bahwa paparan logam berat pada responden kemungkinan lebih banyak terjadi melalui inhalasi partikel di lingkungan kerja atau melalui kontak kulit yang tidak menimbulkan gejala klinis yang nyata. Dari sudut pandang toksikologi, hasil ini menunjukkan bahwa pekerja yang memiliki kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) melebihi nilai ambang tetap berpotensi mengalami dampak kesehatan jangka panjang, meskipun rerata kadar logam berat pada kelompok penelitian masih berada dalam kisaran normal. Risiko tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti usia pekerja, lamanya masa paparan, rendahnya penggunaan alat pelindung diri (APD), serta kebiasaan merokok yang berkontribusi terhadap peningkatan akumulasi logam berat di dalam tubuh (*body burden*). Oleh sebab itu, intervensi berupa edukasi berkelanjutan, penguatan kepatuhan APD, dan surveilans kesehatan berkala sangat diperlukan.

Peningkatan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam eritrosit dapat disebabkan oleh paparan logam berat secara berulang dan terus-menerus di lingkungan kerja. Pada industri batik, bahan pewarna sintetis yang digunakan berpotensi mengandung logam berat yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan, kontak langsung dengan kulit, maupun melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi. Setelah masuk ke tubuh, logam berat tersebut akan berikatan dengan eritrosit dan beredar dalam aliran darah sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi Pb dan Cd dalam darah. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pekerja industri batik tradisional mengalami paparan logam berat melalui kulit akibat kontak langsung dengan bahan pewarna batik [27]. Penurunan kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dalam eritrosit dapat terjadi ketika paparan logam berat semakin rendah dan tindakan pencegahan di tempat kerja diterapkan dengan baik. Penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti masker dan sarung tangan secara konsisten mampu mengurangi masuknya logam berat melalui pernapasan maupun kontak langsung dengan kulit. Selain itu, penerapan kebersihan personal yang baik, seperti mencuci tangan setelah bekerja serta menjaga kebersihan lingkungan kerja, juga berperan dalam menurunkan risiko penumpukan logam berat di dalam tubuh. Pada kutipan jurnal menunjukkan bahwa penggunaan APD berhubungan dengan kadar timbal dalam darah pada pekerja yang terpapar Pb di lingkungan kerja [28].

## B. Hubungan Timbal dan Kadmium dengan Kadar Eritrosit

Penelitian ini melakukan uji normalitas terhadap tiga variabel, yaitu kadar timbal (Pb), kadar kadmium (Cd), dan jumlah eritrosit, untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal sehingga dapat dilanjutkan ke uji korelasi. Karena sampel penelitian terdiri dari 19 responden, pengujian normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk, yang sesuai untuk sampel dengan ukuran kurang dari 50.

Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk, diperoleh nilai signifikansi untuk variabel timbal (Pb) sebesar 0,061, kadmium (Cd) sebesar 0,244, dan eritrosit sebesar 0,074. Seluruh nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga menunjukkan bahwa data pada ketiga variabel berdistribusi normal. Karena seluruh variabel berdistribusi normal, maka analisis hubungan antara kadar timbal (Pb), kadar kadmium (Cd), dan jumlah eritrosit dapat dilanjutkan menggunakan uji korelasi Pearson. Uji Pearson digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara dua variabel yang memiliki distribusi normal.

Analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa kadar timbal memiliki hubungan negatif signifikan dengan jumlah eritrosit, dengan nilai koefisien  $r = -0,522$  dan signifikansi  $p = 0,022$ . Hasil ini mengindikasikan adanya korelasi sedang, di mana peningkatan kadar timbal berasosiasi dengan kecenderungan penurunan jumlah eritrosit, sehingga menunjukkan potensi efek toksik timbal terhadap eritrosit. Penelitian yang dilakukan oleh Maskinah *et al.* (2016) menunjukkan adanya hubungan antara kadar timbal dalam darah dan jumlah eritrosit pada populasi yang mengalami paparan timbal [29]. Selain itu, penelitian yang dilakukan di Indonesia oleh Sugianto *et al.* (2022) menunjukkan adanya korelasi negatif antara kadar timbal dalam darah dan jumlah eritrosit. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar timbal berasosiasi dengan penurunan jumlah eritrosit, sehingga mencerminkan potensi efek hematotoksik timbal [30].

Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan negatif signifikan yang kuat antara kadar kadmium dan jumlah eritrosit, dengan koefisien korelasi  $r = -0,605$  dan nilai signifikansi  $p = 0,006$ . Arah korelasi ini menegaskan bahwa peningkatan kadar kadmium terdapat hubungan dengan penurunan jumlah eritrosit, sehingga hubungan tersebut tergolong kuat dan signifikan secara statistik, menunjukkan efek potensial kadmium terhadap eritrosi. Arah korelasi ini menegaskan bahwa peningkatan kadar kadmium berkaitan dengan penurunan jumlah eritrosit, sehingga hubungan tersebut tergolong kuat dan signifikan secara statistik, menunjukkan potensi efek hematotoksik kadmium terhadap eritrosit. Temuan ini konsisten dengan penelitian eksperimental yang menunjukkan bahwa paparan kadmium dapat menyebabkan penurunan jumlah eritrosit dan perubahan parameter hematologi lainnya sebagai respons terhadap toksisitas logam berat, yang ditandai oleh stres oksidatif dan gangguan produksi sel darah merah [31].

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat hubungan negatif yang signifikan antara kadar timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dengan jumlah eritrosit pada pekerja batik di Jetis Sidoarjo. Semakin tinggi kadar Pb dan Cd, semakin rendah jumlah eritrosit. Hubungan kadar Cd dengan jumlah eritrosit lebih kuat dibandingkan Pb, sehingga Cd diduga memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap penurunan jumlah eritrosit pada pekerja batik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak laboratorium BBLABKESMAS Surabaya dan laboratorium Rumah Sakit Bhayangkara Pusdik Sabhara Porong atas keterlibatannya dalam penelitian ini. Terima kasih juga ditujukan kepada seluruh responden di Kampung Batik Jetis, Sidoarjo, yang telah bersedia berpartisipasi. Selain itu, terima kasih disampaikan kepada orang tua dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan serta bantuannya sehingga proses penelitian ini dapat berjalan lancar.

#### REFERENSI

- [1] I. Fitriyani, A. Sudikno, dan L. D. Wulandari, "Penggunaan Ruang Pada Usaha Batik Tulis di Kampung Batik Jetis Sidoarjo," *Jurnal RUAS (Review of Urbanism and Architectural Studies)*, vol. 13, no. 2, pp. 47–59, Des. 2015, doi: 10.21776/ub.ruas.2015.013.02.6.
- [2] P. Purwati, T. Harningsih, dan D. Saroh, "Gambaran Kadar Timbal pada Pekerja Pewarna Batik di Laweyan," *Jurnal Farmasetis*, vol. 12, no. 2, pp. 179–186, Mei 2023.
- [3] K. Oginawati, S. Suharyanto, S. H. Susetyo, G. Sulung, Muhayatun, N. Chazanah, S. W. D. Kusumah, dan N. Fahimah, "Investigation of Dermal Exposure to Heavy Metals (Cu, Zn, Ni, Al, Fe and Pb) in Traditional Batik Industry Workers," *Heliyon*, vol. 8, no. 2, Art. no. e08914, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e08914.
- [4] P. K. Subagyo dan Soelityowati, "Pengaruh Zat Pewarna Sintetis terhadap Pewarnaan Kain Batik," *Folio*, vol. 2, no. 2, pp. 40–48, Jul. 2021.
- [5] D. Kurniawati dan N. Hidayah, "Identifikasi Zat Pewarna Kimia Sintetis dan Dampak Kesehatan Pengrajin Batik Sasirangan Desa Kertak Hanyar," *Journal of Health (JoH)*, vol. 8, no. 2, pp. 121–133, 2021.
- [6] D. Anggraeni, K. Oginawati, N. Fahimah, I. R. S. Salami, H. R. Absari, U. Mukhaiyar, U. S. Pasaribu, K. N. Sari, dan L. Adiyani, "Analysis of Heavy Metals (Pb and Cd) in Soil Layers of Indonesia: Spatial Distribution, Potential Source, and Groundwater Effect," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 9, Art. no. 100652, 2024, doi: 10.1016/j.cscee.2024.100652.
- [7] D. Sulistyoningrum dan P. I. Sartika, "Hubungan Kadar Timbal Darah Dengan Jumlah Eritrosit Pada Ibu Menyusui," *Midwifery Care Journal (MICAJO)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, Jan. 2022, doi: 10.31983/micajo.v3i1.8136.
- [8] Y. F. Tarigan, "Kandungan Kadmium (Cd) pada Air Sungai dan Ikan Mas (*Cyprinus carpio Linnaeus*) di Sungai Code Kota Yogyakarta," Skripsi, Program Studi Biologi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia.

- [9] C. Juliana, Nurjazuli, dan Suhartono, "Hubungan Kadar Timbal dalam Darah dengan Jumlah Eritrosit, MCV dan MCH Pada Ibu Hamil di Daerah Pantai," *HIGIENE*, vol. 3, no. 3, hlm. 162–165, Sep.–Des. 2017.
- [10] C. H. Dewi, "Perbedaan Kadar Kadmium (Cd) dalam Darah dan Tekanan Darah pada Pengelas dan Non Pengelas di PT. X Surabaya," *Jurnal Wiyata*, vol. 7, no. 2, pp. 110–121, Dec. 2020.
- [11] P. D. Mariadi, I. Kurniawan, T. Anita, dan B. B. R. Ngole, "Penggunaan Darah sebagai Biomarker Paparan Logam Cadmium Masyarakat Pesisir Sungai Musi (Efek terhadap Eritrosit dan Leukosit)," *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 18, no. 2, hlm. 11–16, Des. 2021.
- [12] F. D. Hariyoto, "Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Seng (Zn) dan Merkuri (Hg) di Perairan Beserta Dampaknya bagi Produk Perikanan dan Kesehatan Manusia," *Buletin Matric*, vol. 18, no. 2, pp. 39–46, 2021.
- [13] D. A. Pusparini, O. Setiani, dan Y. Hanani D, "Hubungan Masa Kerja dan Lama Kerja dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah pada Bagian Pengecatan, Industri Karoseri Semarang," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 4, no. 3, hlm. 757–765, Jul. 2016.
- [14] N. Sudarma dan N. W. D. Bintari, "Kajian Kadar Timbal (Pb) Darah dan Profil Darah pada Pekerja Bengkel di Banjar Karangasari Karangasem-Bali," *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, vol. 11, no. 2, hlm. 106–112, Okto. 2023.
- [15] A. Putra, W. E. Fitri, dan F. A. Febria, "Toksitas Logam Timbal Terhadap Kesehatan dan Lingkungan: Literatur Review," *Jurnal Kesehatan Medika Sainatika*, vol. 14, no. 1, hlm. 240–249, Juni 2023.
- [16] D. I. Qoriah, O. Setiani, dan N. A. Y. Dewanti, "Hubungan Antara Masa Kerja dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah pada Pekerja Industri Pengecoran Logam CV. Bonjor Jaya di Desa Batur, Ceper, Klaten," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 3, no. 3, hlm. 192–202, Apr. 2015.
- [17] S. A. Febriana et al., "Hazard Identification and The Prevalence of Occupational Skin Disease in Indonesian Batik workers," *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, art. no. 5231, hlm. 1–11, Mar. 2023.
- [18] L. D. Fibrianti dan R. Azizah, "Karakteristik, Kadar Timbal (Pb) dalam Darah, dan Hipertensi Pekerja Home Industry Aki Bekas di Desa Talun Kecamatan Sukodadi Kabupaten Lamongan," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 8, no. 2, hlm. 192–202, Jul. 2016.
- [19] Y. Yang et al., "Effects of Cadmium Pollution on Human Health: A Narrative Review," *Atmosphere*, vol. 16, no. 2, art. no. 225, hlm. 1–25, Feb. 2025.
- [20] G. Stamara, D. Rinawati, dan B. Barlian, "Identifikasi Kadar Timbal (Pb) dalam Darah pada Petugas Operator SPBU 34-42115 Kota Serang," *Medikes (Media Informasi Kesehatan)*, vol. 7, no. 1, hlm. 1–10, Mei 2020.
- [21] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Toxicological Profile for Cadmium," U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, Laporan Teknis, Sep. 2012.
- [22] D. Rashati dan M. C. Eryani, "Formulasi dan Uji Stabilitas Gummy Candies Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) dengan Variasi Konsentrasi Gelatin dan Karagenan sebagai Gelling Agent," *Jurnal Informasi Kesehatan Indonesia*, vol. 5, no. 2, hlm. 58–64, Nov. 2019.
- [23] D. S. Elisa, F. D. Permatasari, O. S. D. Permatasari, dan T. Harningsih, "Description of Blood Lead Levels with Uric Acid Concentration Regarding Smoking and Period Time Habits of Exposure Batik Industry Workers," *Indonesian Journal of Global Health Research*, vol. 6, no. 5, hlm. 2883–2890, Okto. 2024.
- [24] World Health Organization, "Cadmium in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality," World Health Organization, Jenewa, Swiss, Laporan Teknis WHO/SDE/WSH/03.04/80/Rev/1, 2011.
- [25] D. P. Mayaserli, B. Rosita, dan R. Oktafilinda, "Hubungan Kadar Timbal (Pb) di Dalam Darah dengan

- Morfologi Sel Eritrosit pada Perokok Aktif di Lubuk Buaya Kota Padang," *Journal of Research and Education Chemistry (JREC)*, vol. 5, no. 2, hlm. 101–110, Okto. 2023.
- [26] F. A. Pratama, S. Martuti, dan I. A. U. Mu'awanah, "Hubungan Paparan Timbal dengan Kadar Hemoglobin dan Hematokrit Pekerja Industri Keramik di Padukuhan Kajen Berdasarkan Lama Masa Kerja," *Indonesian Journal of Health Research Innovation (IJHRI)*, vol. 2, no. 4, hlm. 1–11, Nov. 2025.
- [27] K. Oginawati et al., "Investigation of dermal exposure to heavy metals (Cu, Zn, Ni, Al, Fe and Pb) in traditional batik industry workers," *Heliyon*, vol. 8, no. 2, art. no. e08914, hlm. 1–10, Feb. 2022.
- [28] M. P. Sari, O. Setiani, dan T. Joko, "Hubungan Karakteristik Individu dan Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD) dengan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah pada Pekerja Pengecatan di Industri Karoseri," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 4, no. 3, hlm. 1–9, Jul. 2016.
- [29] E. Maskinah, Suhartono, dan N. E. Wahyuningsih, "Hubungan Kadar Timbal Dalam Darah Dengan Jumlah Eritrosit Pada Siswa Sekolah Dasar," *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, vol. 15, no. 2, hlm. 42–45, Okto. 2016.
- [30] Sugiharto et al., "The Comparison Toxicity Effects of Lead and Cadmium Exposure on Hematological Parameters and Organs of Mice," *Ecology, Environment and Conservation*, vol. 26, no. 4, hlm. 1842–1846, 2020.
- [31] M. B. Yessenaliyeva, Z. B. Tungushbayeva, dan K. O. Sharipov, "Dose-Dependent Hematological Effects of Cadmium in Wistar Rats: peripheral blood indices as early biomarkers of toxicity," *Asian Journal of Agriculture and Biology*, hlm. 1–9, Des. 2025.

**Conflict of Interest Statement:**

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.