

HUBUNGAN MASA KERJA DENGAN KADAR KROMIUM DALAM URINE PADA PEKERJA BENGKEL LAS

Arya Hafidh Fauzan¹, Isnin Aulia Ulfah Mu'awanah², Sri Martuti³

1,2,3 Program Studi Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta,
Indonesia

Article Info

Article history:

Received 08/12/2025

Revised 25/05/2026

Accepted 31/05/2026

Keywords:

chromium

urine

length of service

welding workers

kromium

urine

masa kerja

pekerja bengkel las

ABSTRACT

Welding is an industrial activity associated with the risk of exposure to hexavalent chromium (CrVI). Chromium exposure is commonly monitored through urine analysis because the kidneys are the primary route of chromium excretion. Therefore, urinary chromium levels reflect the body's exposure. Urine specimens were collected from first-morning spontaneous voids using the midstream method. This study aims to analyze the correlation between length of service and urinary chromium levels among welding workshop workers. This study was conducted in seven welding workshops across four subdistricts in the Special Region of Yogyakarta using a cross-sectional design with an observational analytical approach. A total of 18 workers met the inclusion criteria and were recruited as respondents. First-morning urine samples were analyzed using graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GF-AAS) because they are less influenced by fluid intake and provide a more reliable estimate of chromium body burden. Data were analyzed descriptively and using Pearson's correlation test. The results showed no statistically significant correlation between length of service and urinary chromium levels ($p = 0.078$). However, the correlation coefficient indicated a moderate positive relationship ($r = 0.427$). In conclusion, length of service was not significantly associated with urinary chromium levels among the workers studied. Further research with larger sample sizes and consideration of potential confounding variables is recommended.

ABSTRAK

Pengelasan merupakan aktivitas industri dengan risiko paparan kromium heksavalen (CrVI). Pemantauan kadar kromium dilakukan melalui urine karena ginjal menjadi jalur utama ekskresi. Oleh karena itu, kadar kromium dalam urine dapat mencerminkan tingkat paparan dalam tubuh. Sampel urine dikumpulkan dari urine pertama pagi secara spontan menggunakan metode pancar tengah (midstream). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara lama kerja dan kadar kromium dalam urine pada pekerja bengkel las. Penelitian dilakukan di tujuh bengkel las pada empat kapanewon di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan desain cross sectional dengan pendekatan analitik observasional. Sebanyak 18 pekerja memenuhi kriteria sebagai responden. Sampel urine pagi dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom tungku grafit (GF-AAS) karena kurang dipengaruhi oleh asupan cairan dan memberikan perkiraan yang lebih andal tentang beban kromium dalam tubuh. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan uji korelasi Pearson. Hasil menunjukkan tidak adanya hubungan signifikan antara masa kerja dengan kadar kromium urine ($p=0,078$). Namun, koefisien korelasi menunjukkan hubungan positif moderat ($r=0,427$). Penelitian menyimpulkan bahwa masa kerja tidak berhubungan signifikan dengan kadar kromium urine. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel lebih besar serta mempertimbangkan variabel pengganggu.

Corresponding Author:

Arya Hafidh Fauzan

Program Studi Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

aryahafidhf@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pengelasan adalah keterampilan krusial dalam industri manufaktur dan konstruksi yang berkembang pesat, namun aktivitas ini juga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan akibat paparan zat residu pengelasan pada pekerjaanya. Proses ini menghasilkan residu berbahaya seperti gas beracun dari pembakaran dan logam berat, terutama kromium heksavalen (CrVI), yang umum terdapat pada limbah perlakuan dan pertambangan logam serta berpotensi membahayakan kesehatan jika terpapar dalam jangka panjang [1]. Menurut Jiang *et al.* [2], melaporkan bahwa pekerja di bidang pengelasan terdapat kandungan kromium dalam urine, menunjukkan adanya penyerapan kromium ke dalam tubuh dari limbah pengelasan logam. Paparan kromium dengan jangka panjang dapat menyebabkan peningkatan kadarnya dalam tubuh dan berisiko terakumulasi seiring lamanya waktu kerja, pemantauan kadar dilakukan melalui urine pagi dengan masa kerja sebagai salah satu faktor peningkatan kadarnya [3 - 4].

Masa kerja atau *length of service* adalah lamanya waktu (dalam tahun) seseorang telah menjadi karyawan di sebuah perusahaan, dihitung dari saat mulai bekerja hingga saat penelitian ini dilakukan [5]. Lamanya masa kerja ini diduga berpotensi meningkatkan risiko akumulasi paparan yang dapat mencerminkan adanya peningkatan kadar kromium dalam urine pekerja [6]. Peningkatan kadar kromium dalam tubuh dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sumber paparan kromium yang dapat berasal dari asap rokok, debu las, limbah penyamakan kulit dan pelapisan logam dan jalur masuk kromium yang dapat melalui inhalasi, tertelan, maupun kontak dengan kulit [7 - 8]. Penyakit gagal ginjal juga dapat mempengaruhi kadar kromium dalam urine, mulai dari gangguan filtrasi ginjal baik gangguan glomerulus ataupun tubulus ginjal hingga gagal ginjal baik akut maupun kronis yang dapat meningkatkan dengan mengeluarkan sebagian besar kromium trivalen yang dibutuhkan oleh tubuh maupun mengurangi kadar kromium yang dikeluarkan oleh tubuh, dikarenakan ginjal tidak dapat menyaring darah pada pembuluh ginjal [9].

Hasil pantauan kadar kromium dalam urine diinterpretasikan berdasarkan nilai ambang batas (NAB) untuk pekerja terpapar langsung oleh limbah kromium [10]. Nilai NAB kromium ini berdasarkan dari aturan indeks paparan biologi yang ditetapkan oleh ACGIH, yang berdasarkan pada waktu paparan yaitu 10 µg/L pada akhir sif harian dan 25 µg/L pada sif di akhir minggu [11]. Perbedaan nilai ini mengacu pada pedoman nilai ambang batas – rata-rata tertimbang waktu (TLV-TWA) mengenai kadar yang mungkin normal untuk hampir semua pekerja tanpa adanya efek kesehatan yang merugikan. Pedoman ini didasarkan

pada waktu rata-rata jam kerja pada pekerja konvensional yaitu 8 jam sebagai rata-rata jam kerja harian (sif harian) dan 40 jam untuk seminggu (sif akhir minggu) [12].

Kromium yang telah masuk ke dalam tubuh baik melalui jalur pencernaan, pernapasan, ataupun kontak kulit, sebagian besar akan diubah dari kromium heksavalen (CrVI) menjadi kromium trivalen (CrIII) di lambung, sel darah, hati, dan ginjal, dengan bantuan pereduksi GSH, asam askorbat, sistein, dan NADPH [13]. Kromium sebagian akan diserap dan disimpan, dan sebagian lainnya akan dibuang melalui ginjal atau diakumulasi di rambut atau kuku. Proses pembuangan membutuhkan dua hingga tiga fase eliminasi yang berkisar antara 7 jam, 15-30 hari, ataupun hingga 3-5 tahun setelah kromium masuk ke dalam tubuh [14]. Oleh karena itu, pekerja rata-rata selesai bekerja pada jam 4 hingga 5 sore, maka proses pembuangan mungkin berlangsung selama 7 jam ke depan dan urine pagi digunakan karena urine yang paling besar konsentrasi zatnya yang berasal dari pembuangan zat yang tidak dibutuhkan tubuh pada hari sebelumnya, selain itu dapat memungkinkan pengantaran segera ke laboratorium pengujian.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui hubungan antara masa kerja dengan kadar kromium dalam urine pada pekerja bengkel las. Sedangkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan masa kerja dengan kadar kromium dalam urine pada pekerja bengkel las ?

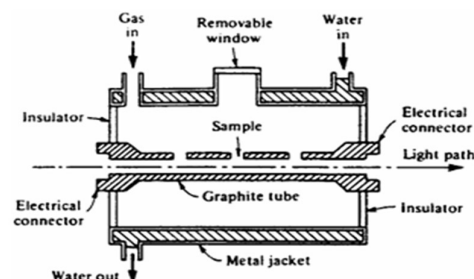
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* dengan pendekatan analitik *observasional* yang dilakukan pada bulan Juli hingga Agustus 2025, bertempat di tujuh bengkel las (BL1-7) yang tersebar di empat kapanewon di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengukuran kadar kromium total urine dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Yogyakarta yang memiliki jarak dari lokasi penelitian sekitar 10 hingga 12 km. Populasi penelitian adalah 18 pekerja las dari tujuh bengkel las, dengan teknik sampling berupa total sampling, dengan seluruh populasi penelitian yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi sebagai sampel penelitian [15]. Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah seorang pekerja las yang aktif dengan masa kerja lebih dari atau sama dengan 1 tahun, sedangkan eksklusi dalam penelitian ini yaitu memiliki riwayat gangguan penyakit ginjal maupun sedang menjalani program hemodialisis.

Sampel penelitian berupa urine pagi yang dikumpulkan secara porsi tengah (*midstream*) oleh responden sendiri dan ditempatkan dalam pot urine steril berlabel. Sampel disimpan dalam wadah *cool box* dengan 3 buah *ice pack* selama transportasi ke laboratorium

pengujian. Pengumpulan sampel dilakukan setiap akhir minggu selama lima minggu, dengan setiap kelompok pengambilan mencakup 1–2 bengkel las. Responden diminta mengisi *informed consent*, kuesioner yang berisi masa kerja dan karakteristik responden, dan meminta untuk tidak berkemih pada pagi hari sebelum dilakukan pengumpulan sampel. Penentuan kadar kromium urine dilakukan berdasarkan konsentrasi kromium total tanpa koreksi kreatinin maupun berat jenis (*specific gravity*/SG), dengan hasil dilaporkan dalam satuan $\mu\text{g/L}$, sesuai dengan desain penelitian dan ketersediaan data pendukung.

Spesimen urine dikirim ke laboratorium pengujian kurang lebih satu jam dari lokasi penelitian, dilanjutkan registrasi sampel dan diantrekan dalam pengujian, serta diawetkan dengan penambahan asam nitrat pekat hingga pH urine menjadi < 2 , lalu disimpan pada suhu $2-8^{\circ}\text{C}$ oleh petugas laboratorium. Sebelum pengukuran kromium, dilakukan kalibrasi harian pada spektrofotometer serapan atom tungku grafit dengan menggunakan sampel kontrol kromium yang telah diencerkan secara bertingkat, dibaca pada panjang gelombang kromium yaitu $357,9\text{ nm}$ untuk membentuk kurva kalibrasi dengan tujuan memverifikasi alat ukur berdasarkan keselarasan nilai pengukuran kontrol dengan nilai rujukan kontrol. Spesimen urine diencerkan dengan asam nitrat pekat dan asam perklorat, kemudian dipanaskan dalam tungku grafit dengan suhu hingga 3.000°C , dengan hasil akhir berupa atom-atom kromium [16]. Pembacaan dilakukan dengan menembakkan sinar berpanjang gelombang $357,9\text{ nm}$ oleh spektrofotometer serapan atom (SSA), dan nilai absorbansi yang terdeteksi dihitung secara otomatis oleh sistem, serta divalidasi kembali dengan membandingkan hasil pengukuran dengan kurva kalibrasi dan nilai kontrol [17].



Gambar 1 Spektrofotometri serapan atom

Sampel yang telah diukur dengan alat *graphite furnace atomic absorption spectrophotometer* (GF-AAS), dilakukan pengumpulan dan pendataan hasil pengukuran setiap sampel urine dan hasil kuesioner masa kerja yang telah diisi setiap responden, yang dikategorikan menjadi normal dan tinggi yang berdasarkan NAB yang digunakan. Pengolahan data dibantu dengan perangkat lunak berupa *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). Kedua data dilakukan pengujian normalitas untuk menilai distribusi data

normal atau tidak dengan metode Shapiro-Wilk dikarenakan sampel berjumlah kurang dari 50 sampel, sedangkan hubungan masa kerja dengan kadar kromium dalam urine dianalisis dengan uji korelasi Pearson dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta dengan No.4681/KEP-UNISA/VII/2025.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Tabel 1 Hasil pengukuran kadar kromium urine pekerja bengkel las

No	Responden	Asal Bengkel Las	Kadar Kromium ($\mu\text{g/L}$)	Keterangan
1	S001	BL1	62,6	Tinggi
2	S002	BL1	115,9	Tinggi
3	S003	BL1	68,2	Tinggi
4	S004	BL1	79,5	Tinggi
5	S005	BL1	55,2	Tinggi
6	S006	BL1	52,2	Tinggi
7	S007	BL2	82,5	Tinggi
8	S008	BL3	26,4	Tinggi
9	S009	BL4	22,8	Normal
10	S010	BL4	23,4	Normal
11	S011	BL5	59,1	Tinggi
12	S012	BL5	19	Normal
13	S013	BL5	31	Tinggi
14	S014	BL6	8,2	Normal
15	S015	BL6	12,2	Normal
16	S016	BL7	6,1	Normal
17	S017	BL7	11,2	Normal
18	S018	BL7	17,9	Normal

Hasil pengukuran kadar kromium total urine pada tabel 1, dikategorikan dengan hasil di bawah atau sama dengan NAB sebagai normal dan hasil yang melebihi NAB sebagai tinggi, berdasarkan tetapan NAB dengan periode kerja mingguan berasal dari panduan yang diterbitkan oleh ACGIH, yaitu 25 $\mu\text{g/L}$. Hasil pengukuran didapatkan kadar kromium yang tinggi sebanyak 10 sampel dan 8 sampel lainnya memiliki kadar kromium yang normal.

Tabel 2 Distribusi masa kerja responden

NO	Responden	Asal Bengkel Las	Masa Kerja (tahun)	Keterangan
1	S001	BL1	15	Lebih dari 5 tahun
2	S002	BL1	21	Lebih dari 5 tahun
3	S003	BL1	18	Lebih dari 5 tahun
4	S004	BL1	20	Lebih dari 5 tahun
5	S005	BL1	20	Lebih dari 5 tahun
6	S006	BL1	4	1 sampai 5 tahun
7	S007	BL2	25	Lebih dari 5 tahun
8	S008	BL3	25	Lebih dari 5 tahun
9	S009	BL4	21	Lebih dari 5 tahun
10	S010	BL4	7	Lebih dari 5 tahun
11	S011	BL5	30	Lebih dari 5 tahun
12	S012	BL5	25	Lebih dari 5 tahun
13	S013	BL5	6	Lebih dari 5 tahun
14	S014	BL6	21	Lebih dari 5 tahun
15	S015	BL6	1	1 sampai 5 tahun
16	S016	BL7	9	Lebih dari 5 tahun
17	S017	BL7	8	Lebih dari 5 tahun
18	S018	BL7	2	1 sampai 5 tahun

Berdasarkan hasil kuesioner masa kerja setiap responden pada tabel 2, didapatkan rata-rata masa kerja $15,44 \pm 9,09$ tahun yang dibagi menjadi 2 kategori masa kerja, yaitu 1-5 tahun dan lebih dari 5 tahun. Hasil diperoleh masa kerja setiap responden dengan lebih dari 5 tahun sebanyak 15 orang, sedangkan 1 hingga 5 tahun sebanyak 3 orang.

Tabel 3 Uji korelasi antara masa kerja dengan kadar kromium total urine

Variabel Bebas	Variabel Terikat	Koefisien korelasi (r)	Signifikansi (p)	Kesimpulan
Masa kerja	Kadar kromium total dalam urine	0,427	0,078	Hubungan tidak signifikan dengan kekuatan positif sedang

Data penelitian yang diperoleh, dilakukan pemrosesan data dengan melakukan uji normalitas untuk menentukan uji korelasi yang digunakan. Pengujian normalitas dengan metode Shapiro-Wilk, kedua data dinyatakan terdistribusi secara normal dengan nilai

signifikansi (p) lebih dari 0,05 dan dilanjutkan uji korelasi dengan metode Pearson yang syarat data harus terdistribusi normal dengan jenis data interval atau rasio. Hasil uji korelasi Pearson antara masa kerja dengan kadar kromium total dalam urine pada tabel 3, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) yaitu 0,427 atau positif sedang dengan nilai p yaitu 0,078. Hasil dinyatakan menerima hipotesis nol (H_0) atau tidak adanya hubungan masa kerja dengan kadar kromium total dalam urine.

b. Pembahasan

Peningkatan kadar kromium dalam urine dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti paparan berkepanjangan, sumber paparan selain las, dan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD). Kromium berasal dari partikel debu di udara yang dihasilkan dari asap las dan rokok, dengan jalur paparan utama melalui inhalasi dan dapat terakumulasi dalam tubuh, sehingga paparan yang berlangsung terus-menerus dan rendahnya kepatuhan penggunaan APD berpotensi meningkatkan kadar kromium dalam urine [18]. Selain itu, fasilitas bengkel seperti sistem ventilasi pembuangan udara atau *local exhaust ventilation* (LEV) dapat berperan dalam menurunkan konsentrasi kromium di udara dan mengurangi potensi inhalasi ke dalam tubuh [19]. Hal tersebut dapat menjelaskan adanya kadar kromium yang relatif normal pada sebagian pekerja meskipun memiliki masa kerja yang lama dan didukung adanya penelitian Viegas *et al.* yang melaporkan adanya penurunan signifikan dari kadar kromium urine setelah sistem LEV ini diterapkan [20].

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa masa kerja tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kadar kromium urine ($p=0,078$; $p>0,05$), meskipun menunjukkan korelasi positif sedang ($r=0,427$) yang mengindikasikan adanya kecenderungan peningkatan kadar kromium seiring bertambahnya masa kerja. Temuan ini sejalan dengan penelitian Schenk *et al.* [21], yang melaporkan terdapat hubungan yang lemah antara masa kerja dan kadar kromium dalam tubuh. Lemahnya hubungan tersebut diduga disebabkan oleh variasi kondisi tempat kerja, tingkat paparan, dan perilaku pekerja di setiap lokasi penelitian, sehingga masa kerja menjadi indikator yang kurang kuat dalam pemantauan paparan kromium di bengkel las.

Responden dengan kadar kromium urine yang tinggi, sebagian besar memiliki masa kerja lebih dari 5 tahun, meskipun masih ditemukan pada pekerja dengan masa kerja di bawah 5 tahun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan kadar kromium dalam urine tidak semata-mata dipengaruhi oleh lamanya masa kerja, tetapi juga oleh faktor lain seperti perilaku dan kepatuhan terhadap keselamatan kerja. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa

sebagian besar responden menggunakan APD tanpa masker khusus dan sebagian merupakan perokok aktif, sehingga meningkatkan potensi paparan kromium melalui inhalasi selama proses pengelasan maupun saat merokok [22]. Temuan ini juga didukung oleh penelitian Islam dan Hartono [23], melaporkan kadar kromium lebih tinggi pada pekerja dengan paparan langsung, rendahnya kepatuhan penggunaan APD, dan status perokok.

Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian Norisepehr *et al.* [24], yang melaporkan bahwa adanya hubungan signifikan antara masa kerja dan kadar kromium pada pekerja las. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh kondisi paparan yang lebih tinggi dan konsisten pada penelitian tersebut, seperti lingkungan kerja yang tertutup, rendahnya kepatuhan penggunaan APD, kebiasaan merokok, serta faktor risiko lain yang dapat meningkat seiring dengan lamanya masa kerja. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa masa kerja bukan merupakan variabel utama sebagai penentu peningkatan kadar kromium dalam tubuh. Variasi kadar kromium urine lebih dipengaruhi oleh paparan harian yang bersifat fluktuatif akibat perbedaan intensitas pengelasan, kondisi ventilasi, kepatuhan penggunaan APD, dan status merokok pekerja antar lokasi bengkel las, sehingga masa kerja kumulatif menjadi indikator yang kurang sensitif dalam merefleksikan paparan aktual.

Paparan asap las dan rokok tanpa perlindungan APD, dapat meningkatkan masuknya zat kimia berbahaya dan partikel logam berat seperti kromium ke dalam tubuh, yang berisiko menimbulkan gangguan fungsi pernapasan, penyakit paru obstruktif kronis hingga kanker paru jika tidak dikendalikan [25]. Kondisi ini menegaskan pentingnya penerapan strategi pengendalian paparan di tempat kerja untuk menurunkan risiko kesehatan pekerja. Pengendalian teknik melalui optimalisasi LEV dan penggunaan *fume extractor* berperan dalam menangkap partikel berbahaya pada sumbernya serta menurunkan konsentrasi asap yang terhirup, sesuai dengan hierarki pengendalian risiko K3 [26]. Penggunaan alat pelindung pernapasan yang sesuai, disertai pemantauan kesehatan dan edukasi keselamatan kerja, memperkuat upaya pencegahan terhadap paparan kromium dan dampak kesehatan jangka panjang [27].

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis berupa jumlah sampel yang relatif kecil dan cakupan lokasi penelitian yang terbatas, sehingga dapat memengaruhi kekuatan statistik dan generalisasi hasil penelitian yang terbatas. Selain itu, pengukuran kadar kromium urine hanya dilakukan satu kali tanpa adanya koreksi hasil seperti kreatinin ataupun berat jenis urine, sehingga variasi hidrasi responden yang dapat memengaruhi hasil

pengukuran. Pengukuran yang hanya satu kali ini, dikarenakan pengambilan sampel hanya dilakukan sekali di pagi hari sehingga hanya dapat mempresentasikan kondisi paparan pada saat pengambilan sampel dan belum dapat menggambarkan variasi paparan harian maupun akumulasi jangka panjang. Penelitian ini juga belum dapat mengendalikan faktor perancu secara kuantitatif, seperti penggunaan APD, kebiasaan merokok, dan kondisi ventilasi lingkungan kerja.

Keterbatasan pada tahap pra-analitik, meliputi kemungkinan tidak standarnya prosedur pengambilan sampel urine, potensi kontaminasi, variasi hidrasi dan metabolisme responden, bias informasi dari kuesioner terkait kebiasaan merokok dan penggunaan APD, keterlambatan transportasi sampel, dan penyimpanan sampel yang belum optimal. Variasi kondisi lingkungan kerja antar bengkel, seperti sistem ventilasi dan intensitas paparan harian, juga belum dapat dikendalikan secara optimal. Pada tahap analitik, kadar kromium urine yang dilaporkan sebagai kromium total tanpa adanya koreksi kreatinin atau berat jenis urine (SG), sehingga terdapat variasi hidrasi antar responden yang berpotensi memengaruhi konsentrasi yang terukur dan belum sepenuhnya mencerminkan paparan sebenarnya [28]. Selain itu, penelitian ini tidak membedakan fraksi CrVI dan CrIII, sehingga interpretasi terhadap paparan kromium dengan bentuk yang paling toksik menjadi terbatas.

Tahapan pasca-analitik, memiliki keterbatasan terutama berkaitan dengan belum optimalnya pengendalian variabel perancu utama seperti kepatuhan penggunaan APD, kebiasaan merokok, kualitas ventilasi, dan variasi paparan harian, yang dapat memengaruhi interpretasi hasil korelasi yang tidak signifikan. Keberadaan nilai yang ekstrem dan perbedaan karakteristik lingkungan dan pekerja antar bengkel las juga dapat membuka kemungkinan terjadinya bias analitik dan kesalahan ekologis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian responden memiliki kadar kromium urine tinggi sebanyak 10 orang, terutama pada pekerja terpapar asap las dalam jangka panjang, memiliki ventilasi buruk, atau tidak konsisten menggunakan APD. Sementara itu, responden dengan kadar kromium urine normal sebanyak 8 orang cenderung berada pada lingkungan kerja dengan paparan lebih rendah dikarenakan memiliki sirkulasi udara yang baik untuk pembuangan asap las dan proses pengelasan tidak berlangsung dalam durasi panjang setiap harinya. Masa kerja menunjukkan hubungan tidak signifikan terhadap kadar kromium, pekerja dengan masa kerja baik pendek maupun panjang dapat berada pada kategori kadar tinggi ataupun normal, tergantung besar kecilnya paparan aktual di tempat kerja.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat saran yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko paparan kromium dan meningkatkan keselamatan kerja, yaitu :

- Pekerja perlu meningkatkan kepatuhan penggunaan APD, terutama masker respirator dan pakaian kerja khusus las. Selain itu, kebersihan diri (mencuci tangan dan wajah) sebelum makan/istirahat dan mandi setelah kerja harus dijadikan kebiasaan untuk menghindari paparan melalui jalur pencernaan dan kontak kulit.
- Pemilik bengkel perlu menyediakan dan memelihara fasilitas sanitasi yang memadai dan memastikan berfungsinya sistem ventilasi lokal di area pengelasan untuk mengurangi adanya konsentrasi asap las di udara.
- Instansi terkait disarankan untuk melakukan pemantauan rutin setiap enam bulan pada populasi pekerja las, guna memastikan kadar kromium dalam tubuh maupun lingkungan agar tidak melebihi nilai ambang batasnya.
- Penelitian selanjutnya sebaiknya melibatkan jumlah sampel yang lebih besar dilakukan di berbagai lokasi bengkel las untuk meningkatkan representasi populasi dan daya generalisasi hasil penelitian, serta melakukan pengendalian variabel pengganggu untuk meningkatkan validitas dan mengurangi potensi bias.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan berharga, pihak institusi dan laboratorium yang telah memfasilitasi pengambilan data, serta para responden yang bersedia terlibat dalam penelitian ini. Penghargaan yang tulus juga penulis sampaikan kepada keluarga dan teman-teman atas doa, bantuan, dan dorongan yang tidak pernah putus hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustina TE, Faizal M, Aprianti T, Teguh D, Rif'at AM, Putra IG, et al. Pengolahan limbah logam berat kromium hexavalen menggunakan reagen fenton dan adsorben keramik zeolit. *J Rekayasa Kim Lingkung* 2018;13:60–69. <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i1.10109>.
- [2] Jiang Z, Schenk L, Assarsson E, Albin M, Bertilsson H, Dock E, et al. Hexavalent chromium still a concern in sweden – evidence from a cross-sectional study within the safechrom project. *Int J Hyg Environ Health* 2023;256. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114298>.

- [3] Wulandari DD, Izzatunnisa S, Herzhaputra DD, Wuryaningrum A. Literatur review: akumulasi dan toksisitas logam berat: kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni). *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 2021;11:93–98. <https://doi.org/10.47718/jkl.v10i2.1172>.
- [4] Momongan A, Rokot A, T. Watung A. Hubungan lama kerja dengan paparan timbal (Pb) dalam urine pada operator percetakan di PT manado persada madani. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 2019;9:93–99. <https://doi.org/10.47718/jkl.v9i2.672>.
- [5] Jayanti KN, Dewi KTS. Dampak masa kerja, pengalaman kerja, kemampuan kerja terhadap kinerja karyawan. *JEMBA : Jurnal Ekonomi Pembangunan, Manajemen Dan Bisnis, Akuntansi* 2021;1:75–84. <https://doi.org/10.52300/jemba.v1i2.2986>.
- [6] Wahyuni I, Setyaningsih Y, Ekawati. Analysis of work capacity and chromium exposure on lung function capacity in metal coating worker. *E3S Web Conf* 2019;125. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912517001>.
- [7] Shin DY, Lee SM, Jang Y, Lee J, Lee CM, Cho E-M, et al. Adverse human health effects of chromium by exposure route: a comprehensive review based on toxicogenomic approach. *Int j Mol Sci* 2023;24. <https://doi.org/10.3390/ijms24043410>.
- [8] Al-osman M, Yang F, Massey IY. Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *BioMetals* 2019;32:563–73. <https://doi.org/10.1007/s10534-019-00193-5>.
- [9] Poa YJ, Rahardjo D, Kisworo. Hubungan konsentrasi kromium (Cr) dalam air sumur dengan konsentrasi pada urin dan rambut warga dusun Banyak Yogyakarta. *Sciscitatio* 2021;2:1–6. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2021.21.41>.
- [10] Alvarez CC, Gómez MEB, Zavala AH. Hexavalent chromium: regulation and health effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 2021;65:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126729>.
- [11] Verdonck J, Duca RC, Galea KS, Iavicoli I, Poels K, Töreyn ZN, et al. Systematic review of biomonitoring data on occupational exposure to hexavalent chromium. *Int J Hyg Environ Health* 2021;236. <https://doi.org/10.1016/J.IJHEH.2021.113799>.
- [12] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLV chemical substances introduction n.d. <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction/> (accessed November 5, 2025).
- [13] Jomova K, Alomar SY, Nepovimova E, Kuca K, Valko M. Heavy metals: toxicity and human health effects. *Arch Toxicol* 2025;99:153–209. <https://doi.org/10.1007/s00204-024-03903-2>.
- [14] Beattie H, Keen C, Coldwell M, Tan E, Morton J, Mcalinden J, et al. The use of bio-monitoring to assess exposure in the electroplating industry. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015;27:47–55. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.67>.
- [15] Sujarweni VW, Utami LR. The guide book of SPSS. Yogyakarta: Anak Hebat Indonesia; 2023.
- [16] Rasoul GMA, Salem MEA, Allam H, Kasemy Z, Younis F. Health related disorders on occupational exposure to chromium in a leather tanning factory (Menoufia, Egypt). *Menoufia Medical Journal* 2017;30:92–98. <https://doi.org/10.4103/1110-2098.211508>.
- [17] Ferrão AR, Pestana P, Borges L, Palmeira-de-Oliveira R, Palmeira-de-Oliveira A, Martinez-de-Oliveira J. Quantification of ions in human urine—a review for clinical laboratories. *Biomedicines* 2024;12. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12081848>.
- [18] Li X, Dong Y, Wang X, Kang N, Mei L, Wei T, et al. Influencing factors on urinary chromium levels of occupational population. *Wei Sheng Yan Jiu* 2025;54:252–64. <https://doi.org/10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2025.02.012>.
- [19] Sepai O, Galea KS, Santonen T, Vermeulen L, Vineis V, Hoet P, et al. HBM4EU Occupational biomonitoring study on hexavalent chromium and other harmful chemicals Standard Operating Procedures (SOPs) WP8 - Targeted field work surveys and alignment at EU level. Brussels (BE): 2019.
- [20] Viegas S, Martins C, Bocca B, Bousoumah R, Duca RC, Galea KS, et al. HBM4EU chromates study: determinants of exposure to hexavalent chromium in plating, welding and other occupational settings. *Int j Environ Res Public Health* 2022;19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063683>.

- [21] Schenk L, Engfeldt M, Tinnerberg H, Ricklund N, Tondel M, Wiebert P, et al. Challenges to estimating and managing risks with hexavalent chromium exposure: A mixed-methods study of Swedish workplaces. *Ann Work Expo Health* 2025;69:722–35. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaf039>.
- [22] Asrori A, Setiani O, Hanani Y. Analysis of demographic factors and chromium (Cr) exposure with cough symptom of weaving industry workers in Troso Village, Pecangan District, Jepara Regency. *Jurnal Ilmu Kesehatan* 2023;12:9. <https://doi.org/10.32831/jik.v12i1.563>.
- [23] Islam F, Hatono B. Paparan kromium dan kerusakan ginjal pada pekerja pelapisan logam. *Berita Kedokteran Masyarakat* 2018;32:257. <https://doi.org/10.22146/bkm.12130>.
- [24] Norisepehr M, Darvishmotevalli M, Qorbani M, Rahimi J, Moradnia M, Salari M, et al. Monitoring of urinary nickel and chromium in metal industries workers in Alborz, Iran. *Sci Rep* 2024;14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77566-5>.
- [25] Lunn RM, Berridge BR, Bucher JR, Jahnke G, Mehta SS, Wang HSA, et al. Chromium Hexavalent Compounds. In: *Report on Carcinogenics* [Internet]. 15th ed. North California, USA: National Toxicology Program; 2025 [cited 2026 Jan 17]. Available from: <https://doi.org/10.22427/NTP-OTHER-1003>.
- [26] Knott P, Csorba G, Bennett D, Kift R. Welding Fume: A Comparison Study of Industry Used Control Methods. *Safety* 2023;9:42. <https://doi.org/10.3390/safety9030042>.
- [27] Rafiee A, Laskar I, Quémerais B. Investigating the field effectiveness of respirators against metal particle exposure in various workplaces: a systematic review. *Rev Environ Health* 2022;37:201–10. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0174>.
- [28] Hsieh CY, Wang SL, Fadrowski JJ, Navas-Acien A, Kuo CC. Urinary concentration correction methods for arsenic, cadmium, and mercury: a systematic review of practice-based evidence. *Curr Environ Health Rep* 2019;6:188–99. <https://doi.org/10.1007/s40572-019-00242-8>.