

The Relationship between Urinary Cadmium (U-Cd) Levels and the Urinary Albumin/Creatinine Ratio (UACR) in Welding Workers in Bangkalan City **[Hubungan Kadar Kadmium Urin (U-Cd) dengan Rasio Albumin/Kreatinin Urin (UACR) pada Pekerja Las di Kota Bangkalan]**

Mohammad Muad¹⁾, Jamilatur Rohamah²⁾

¹⁾ Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia.

²⁾ Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia.

*Email Penulis Korespondensi: jamilaturrohmah@umsida.ac.id

Abstract. *Welding fumes may contain cadmium, which can be absorbed and accumulated in the body and may affect kidney function. Urinary cadmium (U-Cd) levels can reflect the degree of cadmium exposure in the body, while the urinary albumin-to-creatinine ratio (UACR) is used to assess increased albumin excretion as an early sign of kidney damage. Cadmium exposure among welders may increase the risk of impaired kidney function because this heavy metal can gradually accumulate in the body. This study aimed to determine the relationship between urinary cadmium levels and UACR among welders in Bangkalan City. An analytical observational study with a cross-sectional design was conducted involving 20 welders selected through purposive sampling. Urinary cadmium levels were measured using an Atomic Absorption Spectrometer (AAS). Urinary albumin was measured using the VivaDiag POCT Analyzer VIM1000, while urinary creatinine was measured using the Mindray BS-240. The UACR value was then calculated by dividing urinary albumin by urinary creatinine and expressed as mg albumin/g creatinine to assess early signs of kidney dysfunction. The data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and Spearman correlation test. The results showed that 19 respondents (95%) had U-Cd levels below 5.0 mg/L, while 18 respondents (90%) had normal UACR values. The Spearman test showed a weak positive correlation between U-Cd and UACR ($r = 0.335$; $p = 0.148$). Therefore, it can be concluded that there was no statistically significant relationship between urinary cadmium levels and UACR.*

Keywords - urinary cadmium (U-Cd); urinary albumin-to-creatinine ratio (UACR), welding workers, kidney.

Abstrak. *Asap yang dihasilkan dari proses pengelasan dapat mengandung kadmium yang kemudian diserap dan menumpuk di dalam tubuh serta berisiko memengaruhi fungsi ginjal. Kadar kadmium urin (U-Cd) dapat menggambarkan tingkat paparan kadmium dalam tubuh, sedangkan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) digunakan untuk menilai peningkatan pengeluaran albumin yang mengindikasikan adanya gangguan ginjal pada tahap awal. Paparan kadmium (Cd) pada pekerja las dapat meningkatkan risiko gangguan fungsi ginjal karena logam berat ini mampu terakumulasi secara bertahap di dalam tubuh. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar kadmium urin (U-Cd) dan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) pada pekerja las di Kota Bangkalan. Penelitian menggunakan rancangan observasional analitik dengan pendekatan cross-sectional, melibatkan 20 pekerja las yang dipilih melalui teknik purposive sampling. Kadar kadmium urin (U-Cd) diukur menggunakan Atomic Absorption Spectrometer (AAS). Albumin urin diperiksa dengan VivaDiag POCT Analyzer VIM1000, sedangkan kreatinin urin diperiksa menggunakan Mindray BS-240. Nilai UACR kemudian dihitung dari perbandingan albumin dan kreatinin urin dalam satuan mg albumin/g kreatinin untuk menilai tanda awal gangguan fungsi ginjal. Data dianalisis menggunakan uji Shapiro-Wilk dan korelasi Spearman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 19 responden (95%) memiliki kadar U-Cd <5,0 mg/L, sementara 18 responden (90%) memiliki nilai UACR dalam kategori normal. Uji Spearman menunjukkan hubungan positif lemah antara U-Cd dan UACR ($r=0,335$; $p=0,148$), sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan signifikan antara keduanya.*

Kata kunci - Kadmium urin(U-Cd); Rasio albumin/kreatinin urin (UACR); Pekerja las; Ginjal.

I. Pendahuluan

Paparan logam berat kadmium (Cd), semakin menempati posisi penting dalam diskursus kesehatan global. Logam ini dikenal bersifat toksik dan masih banyak digunakan dalam beragam aktivitas industri, mulai dari peleburan logam, penyepuhan, hingga proses pengelasan [1]. World Health Organization (WHO) mengidentifikasi kadmium sebagai salah satu bahan kimia yang menjadi perhatian utama kesehatan masyarakat karena sifat toksiknya terhadap ginjal, tulang, dan sistem pernapasan, serta kemampuannya untuk terakumulasi dalam organisme dan menimbulkan risiko kesehatan akibat paparan jangka panjang [2]. Paparan yang berlangsung terus-menerus dalam jangka panjang tidak boleh diabaikan, karena telah terbukti dapat memberikan dampak serius terhadap kesehatan, terutama dalam memicu gangguan fungsi ginjal, kerusakan pada organ hati, serta kelainan pada sistem pernapasan [3]. Secara global, lebih dari satu juta pekerja industri diperkirakan terpapar kadmium setiap tahunnya, terutama melalui mekanisme inhalasi partikel logam halus yang dilepaskan selama proses pembakaran maupun aktivitas pengelasan [4].

Pada pekerja las, paparan kadmium tidak hanya bersumber dari asap yang dihasilkan selama pengelasan, tetapi dapat meningkat akibat kebiasaan merokok. Tanaman tembakau mampu menyerap kadmium dari tanah, lalu logam tersebut terbawa bersama asap rokok dan masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan [5]. Paparan dari lingkungan kerja yang disertai paparan rokok berpotensi menambah beban kadmium di dalam tubuh. Kondisi ini dapat dipantau melalui kadar kadmium urin (U-Cd), karena ekskresi Cd melalui urin menggambarkan paparan internal yang telah terjadi dalam tubuh [6]. Masa kerja juga perlu diperhatikan karena semakin lama seseorang bekerja, semakin besar kesempatan mengalami paparan secara berulang. Tingkat paparan setiap pekerja dapat berbeda karena dipengaruhi oleh jenis pekerjaan, kondisi ventilasi, durasi kerja harian, serta penggunaan alat pelindung diri [7].

Bengkel las merupakan salah satu jenis usaha yang masuk dalam kategori industri sektor informal dengan tingkat risiko kecelakaan kerja cukup tinggi [8]. Risiko tersebut muncul karena proses kerja melibatkan penggunaan listrik bertegangan tinggi, panas dari api las, percikan logam cair, asap beracun, dan paparan sinar radiasi [9]. Paparan akut kadmium dapat masuk melalui saluran pernapasan dan menimbulkan efek dalam waktu 4-10 jam setelah pajanan, sedangkan melalui saluran pencernaan gejala dapat muncul sekitar 15-30 menit. Penyerapan Cd lebih dominan terjadi lewat inhalasi, terutama dalam bentuk asap, dengan tingkat absorpsi sekitar 25-50%. Kadmium Cd urin petani tanaman hias di Baturaden di atas normal ($>2 \mu\text{g/L}$), disertai penurunan LFG, mengindikasikan gangguan ginjal akibat paparan kadmium [10] dan terdapat juga peningkatan risiko kematian di antara pasien CKD yang memiliki beban Cd dalam tubuh yang tinggi, yang tercermin dari tingkat ekskresi Cd $\geq 0,60 \mu\text{g/g}$ kreatinin [11].

Paparan akut kadmium (Cd) melalui saluran pernapasan biasanya mulai menimbulkan gangguan sekitar 4-10 jam setelah paparan terjadi. Keluhan yang dapat dirasakan antara lain sesak napas, batuk, serta rasa sesak atau tekanan pada dada [12]. Pada kondisi yang lebih berat, gangguan ini dapat berkembang menjadi edema paru dan meningkatkan kemungkinan terjadinya bronkopneumonia. Sementara itu, paparan akut kadmium melalui jalur pencernaan cenderung memunculkan gejala dalam waktu lebih singkat, yaitu sekitar 15-30 menit setelah zat masuk ke dalam tubuh. Gejala yang sering muncul meliputi muntah, produksi saliva berlebih, tersedak, nyeri perut, tenesmus, diare, dan nyeri kepala. Dalam keadaan tertentu, paparan tersebut juga dapat berlanjut menjadi gangguan serius berupa kegagalan ginjal. [13]. Kadar kadmium dalam urine biasanya masih tergolong normal apabila nilainya berada di bawah $1 \mu\text{g/L}$, sedangkan kadar yang mencapai lebih dari $20 \mu\text{g/L}$ dapat mengarah pada kondisi toksik. Asupan kadmium dalam jumlah tinggi, yaitu lebih dari $200 \mu\text{g}$ per hari, berpotensi menyebabkan kerusakan ginjal yang berat, disertai munculnya glikosuria dan proteinuria. Namun, paparan dalam jumlah yang lebih rendah, sekitar $10-30 \mu\text{g}$ per hari, juga tidak dapat diabaikan. Kondisi tersebut dapat berhubungan dengan menurunnya fungsi reabsorpsi pada tubulus ginjal, peningkatan tekanan darah, penyakit arteri koroner maupun arteri perifer, kanker, penyakit ginjal kronis, serta berbagai gangguan kesehatan lainnya. [14].

Proses pengelasan menghasilkan asap yang berpotensi memberikan dampak buruk terhadap kesehatan. Penerapan K3 dan kepatuhan pekerja dalam menggunakan APD pada bengkel las sektor informal di Kota Bangkalan masih tergolong rendah. Kondisi tersebut dapat meningkatkan paparan kadmium yang berisiko terakumulasi di dalam tubuh dan mengganggu fungsi ginjal [15]. Kadar kadmium urin (U-Cd) digunakan untuk mencerminkan beban kadmium dalam tubuh, sedangkan UACR berperan sebagai penanda awal gangguan ginjal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui nilai kadarkadmium urin (U-Cd) dengan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) dan menganalisis hubungan antara kadar kadmium urin (U-Cd) dengan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) pada pekerja las di Kota Bangkalan.

II. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain cross-sectional. Responden akan diminta untuk mengisi kuesioner kemudian data yang terkumpul dianalisis uji normalitas dan uji korelasi. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan setelah memperoleh persetujuan kelayakan etik dari pihak yang berwenang (*ethical clearance*) dari bagian komisi kelayakan etik penelitian dan kesehatan (KKEP) di Universitas Noor Huda Mustofa dengan nomor 3427/KEPK/UNIV-NHM/EC/V/2026. Pengambilan sampel dilakukan terhadap 20 responden dengan menyertakan *informed consent* dan kuesioner. Pengambilan sampel urin dilakukan pada bulan Mei 2026 dengan 50 ml menggunakan pot urin pada pagi hari, kemudian dilakukan pemeriksaan laboratorium dengan alat *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS) *Thermo Scientific iCE 3000 Series* untuk mengukur kadar kadmium urin dengan panjang gelombang 288,8 nm, untuk albumin urin menggunakan VivaDiag PCOT Analyzer VIM1000, sedangkan pemeriksaan kreatinin urin menggunakan alat Mindray. Nilai UACR diperoleh dari perbandingan albumin urin terhadap kreatinin urin dengan rumus :

$$UACR = \frac{\text{Albumin Urin}}{\text{Kreatinin Urin}}$$

Bahan utama dalam penelitian ini berupa sampel urin dari responden yang digunakan untuk menilai kadar kadmium urin, albumin urin, dan kreatinin urin. Pemeriksaan tersebut didukung oleh beberapa alat, antara lain pot urin steril sebagai wadah sampel, Atomic Absorption Spectrometer (AAS) *Thermo Scientific iCE 3000 Series* untuk menganalisis kadar kadmium urin, VivaDiag PCOT Analyzer VIM1000 untuk pemeriksaan mikroalbumin urin, serta Mindray BS-240 untuk mengukur kadar kreatinin urin. Proses penelitian diawali dengan persiapan lokasi dan responden, kemudian dilanjutkan dengan pemberian penjelasan mengenai tujuan serta prosedur penelitian. Setelah responden menandatangani *informed consent* dan mengisi kuesioner karakteristik, sampel urin dikumpulkan untuk pemeriksaan laboratorium. Setiap sampel diberi kode identitas agar kerahasiaan responden tetap terjaga. kadar kadmium urin U-Cd diperiksa menggunakan AAS setelah sampel melalui tahap destruksi, albumin urin dianalisis dengan VivaDiag, sedangkan kreatinin urin diperiksa menggunakan Mindray BS-240. Hasil pemeriksaan albumin dan kreatinin tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai UACR, yaitu melalui perbandingan antara kadar albumin urin dan kadar kreatinin urin.

Data penelitian ini meliputi Data yang diperoleh dianalisis berdasarkan kriteria inklusi antara lain kategori kelompok usia (20-29, 30-39, 40-49, 41-49, dan 50-59 tahun), lama bekerja (1-5, 6-10, 11-20, 21-40 tahun), kebiasaan merokok, kadar kadmium urin, kadar albumin urin, kadar kreatinin urin, serta nilai UACR. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan SPSS. Tahap awal analisis dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden sekaligus melihat sebaran dari setiap variabel yang diteliti. Data dianalisis secara statistik menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk, uji homogenitas Levene, serta uji korelasi Spearman. Taraf kepercayaan yang digunakan dalam uji statistik adalah sebesar 95%, yaitu dengan nilai signifikansi (p-value) 0,05.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data penelitian dimulai dari penyebaran *informed consent* kepada responden, setelah responden membaca dan memahami isi kuisisioner maka kemudian menandatangani lembar persetujuan untuk kemudian dilakukan pengambilan specimen urin pagi.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik	Kategori	Frekuensi	Nilai Rata-rata kadar Kadmium urin (mg/L)	Persentase (%)
Usia	20-29 tahun	3	0.9	15%
	30-39 tahun	8	1.0	40%
	40-49 tahun	6	2.1	30%
	50-59 tahun	3	2.0	15%
Lama bekerja	1-5 tahun	4	1.2	20%
	6-10 tahun	7	1.1	35%
	11-20 tahun	7	1.9	35%
	21-30 tahun	2	2.0	10%

Kebiasaan merokok	Ya	20	1.5	100%
	Tidak	0	0	0%

Berdasarkan data tabel 2, kelompok usia, kadar kadmium urin menunjukkan kecenderungan meningkat dari 0,9 mg/L pada usia 20-29 tahun menjadi 1,0 mg/L pada usia 30-39 tahun, kemudian mencapai nilai tertinggi sebesar 2,1 mg/L pada kelompok usia 40-49 tahun. Kelompok usia 50-59 tahun nilainya sedikit menurun menjadi 2,0 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa kadar kadmium dalam urin cenderung meningkat seiring bertambahnya usia, meskipun kenaikannya tidak terjadi secara teratur pada setiap kelompok usia. Kelompok usia 30-39 tahun merupakan kelompok terbanyak, sedangkan kelompok usia 20-29 dan 50-59 tahun masing-masing hanya terdiri atas tiga responden. Peningkatan kadar U-Cd sampai kelompok usia 40-49 tahun kemungkinan berhubungan dengan paparan kadmium yang terjadi berulang dan terakumulasi selama bekerja. Pekerja yang lebih tua umumnya memiliki masa kerja lebih panjang sehingga kesempatan menghirup asap, debu, dan partikel logam selama proses pengelasan juga semakin besar. Kadmium memiliki sifat kumulatif dan dapat bertahan lama di dalam tubuh, terutama pada ginjal. Kadar U-Cd pada pekerja berusia lebih tua cenderung lebih tinggi dibandingkan pekerja yang masih muda.

Penurunan kecil dari 2,1 mg/L pada usia 40-49 tahun menjadi 2,0 mg/L pada usia 50-59 tahun tidak dapat langsung diartikan bahwa pekerja yang lebih tua memiliki paparan lebih rendah. Perbedaan tersebut hanya sebesar 0,1 mg/L dan dapat dipengaruhi oleh jumlah responden kelompok usia 50-59 tahun yang hanya tiga orang. Tingkat paparan tidak hanya ditentukan oleh usia, tetapi juga oleh jenis pekerjaan pengelasan, bahan logam yang digunakan, lama bekerja setiap hari, kondisi ventilasi bengkel, penggunaan alat pelindung diri, jumlah rokok yang dikonsumsi, serta kebiasaan masing-masing pekerja [16].

Berdasarkan lama bekerja, kadar U-Cd pada pekerja dengan masa kerja 1-5 tahun tercatat sebesar 1,2 mg/L, kemudian sedikit menurun menjadi 1,1 mg/L pada masa kerja 6-10 tahun. Kadar U-Cd meningkat menjadi 1,9 mg/L pada masa kerja 11-20 tahun dan mencapai 2,0 mg/L pada masa kerja 21-30 tahun. Sebagian besar responden telah bekerja selama 6-20 tahun, yaitu masing-masing tujuh responden pada kelompok 6-10 tahun dan 11-20 tahun. Peningkatan kadar U-Cd pada masa kerja lebih dari 10 tahun menunjukkan adanya kemungkinan efek paparan kumulatif karena semakin lama seseorang bekerja sebagai pengelas, semakin sering tubuh terpapar asap dan partikel logam yang mungkin mengandung kadmium [17]. Kadmium yang masuk melalui saluran pernapasan dapat diserap ke dalam darah, kemudian terakumulasi secara perlahan di hati dan ginjal sehingga pekerja dengan masa kerja 11-30 tahun cenderung memiliki kadar U-Cd lebih tinggi dibandingkan pekerja dengan masa kerja yang lebih singkat. Kadar U-Cd pada kelompok masa kerja 6-10 tahun sedikit lebih rendah dari pada kelompok 1-5 tahun, yang menunjukkan bahwa lama bekerja bukan satu-satunya faktor yang menentukan jumlah kadmium dalam tubuh. Pekerja dengan masa kerja lebih pendek dapat mengalami paparan lebih tinggi apabila bekerja melakukan pengelasan secara lebih intensif, bekerja di ruangan tertutup, tidak menggunakan masker, atau memiliki kebiasaan merokok lebih berat. Pekerja dengan masa kerja lebih lama dapat memiliki kadar U-Cd lebih rendah apabila kondisi ventilasi bengkel lebih baik, menggunakan APD secara konsisten, atau memiliki durasi kerja harian yang lebih singkat.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa seluruh responden merupakan perokok aktif. Kebiasaan merokok dapat menjadi sumber tambahan kadmium karena tanaman tembakau mampu menyerap kadmium dari tanah dan membawanya ke dalam asap rokok. Kadar U-Cd yang ditemukan tidak hanya mencerminkan paparan dari proses pengelasan, tetapi kemungkinan merupakan gabungan paparan pekerjaan dan rokok. Karena tidak terdapat responden yang tidak merokok, pengaruh merokok tidak dapat dibandingkan secara langsung dan perlu dipertimbangkan sebagai faktor perancu [18]. Temuan ini sejalan [19] yang menunjukkan perbedaan kandungan kadmium berdasarkan masa kerja, serta yang melaporkan bahwa [6] bahwa paparan asap rokok berkaitan dengan peningkatan kadmium urin. Namun, karena semua responden merokok, pengaruh merokok tidak dapat dibandingkan secara statistik dan harus diperlakukan sebagai faktor perancu potensial.

Tabel 2. Distribusi Pemeriksaan Kadar Kadmium Urin (U-Cd)

Kadar Kadmium Urin	Frekuensi	Hasil Rata-rata (U-Cd)	Nilai Rujukan	Durasi kerja per hari	Jumlah rokok per hari
<5,0 mg/L	19	1,3	<5,0 mg/L	8 - 10 jam	<16 batang/hari
≥5,0 mg/L	1	5,4	<5,0 mg/L	> 12 jam	>16 batang/hari
Jumlah	20				

Berdasarkan Tabel 2, sebanyak 19 dari 20 responden atau 95% memiliki kadar kadmium urin di bawah nilai rujukan <5,0 mg/L, dengan rata-rata sebesar 1,3 mg/L. Satu responden atau 5% memiliki kadar kadmium urin sebesar 5,4 mg/L sehingga termasuk kategori meningkat. Meskipun sebagian besar hasil masih berada di bawah batas rujukan, satu nilai yang meningkat tetap perlu diperhatikan karena kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh,

terutama pada ginjal. Pada responden dengan kadar kadmium urin $<5,0$ mg/L, durasi kerja berada pada kisaran 8-10 jam per hari dan jumlah rokok yang dikonsumsi kurang dari 16 batang per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa durasi kerja dan konsumsi rokok yang lebih rendah kemungkinan menyebabkan paparan kadmium belum cukup besar untuk meningkatkan kadar U-Cd hingga melewati nilai rujukan. Kadar yang masih rendah tidak berarti responden tidak terpapar karena paparan tetap dapat berasal dari asap pengelasan dan asap rokok.

Responden dengan kadar kadmium urin 5,4 mg/L bekerja lebih dari 12 jam per hari dan merokok lebih dari 16 batang setiap hari. Durasi kerja yang panjang meningkatkan waktu kontak dengan asap dan partikel logam, sedangkan konsumsi rokok yang lebih banyak menambah sumber paparan kadmium. Perbedaan ini menunjukkan adanya kecenderungan bahwa semakin lama durasi kerja dan semakin banyak rokok yang dikonsumsi, semakin tinggi kadar kadmium urin [20]. Hasil tersebut belum dapat dibuktikan secara statistik karena hanya terdapat satu responden dengan kadar meningkat, serta masih dapat dipengaruhi oleh ventilasi, intensitas pengelasan, jenis logam, penggunaan APD, kondisi ginjal, dan kepekatan urin. Temuan ini sejalan dengan penelitian [6] yang menunjukkan bahwa kadar kadmium dalam urin dapat digunakan untuk menggambarkan paparan internal kadmium, termasuk paparan yang berasal dari kebiasaan merokok dapat meningkatkan kadar kadmium urin. Hasil ini sejalan dengan temuan [21] yang menyatakan bahwa pemeriksaan logam melalui sampel urin pada pekerja las memiliki peran penting, karena asap pengelasan dapat membawa berbagai kandungan logam yang berisiko menimbulkan efek toksik bagi tubuh. Dukungan lain juga diperoleh dari penelitian [22] yang menjelaskan bahwa pekerja las termasuk kelompok kerja dengan potensi paparan kadmium yang cukup besar.

Tabel 3. Distribusi Rasio Albumin-Kreatinin Urin (UACR)

Rasio Albumin-Kreatinin Urin (UACR)	Frekuensi	Hasil Nilai Rata-rata (UACR)	Nilai Rujukan (mg albumin/g kreatinin)
<30 mg albumin/g kreatinin	18	10.4	< 30 mg albumin/g kreatinin
30-300 mg albumin/g kreatinin	1	72.0	< 30 mg albumin/g kreatinin
>300 mg albumin/g kreatinin	1	341,1	< 30 mg albumin/g kreatinin
Total	20		

Berdasarkan Tabel 3, sebanyak 18 dari 20 responden atau 90% memiliki nilai UACR <30 mg albumin/g kreatinin dengan rata-rata sebesar 10,4 mg albumin/g kreatinin. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mayoritas responden masih berada di bawah batas rujukan 30 mg albumin/g kreatinin, sehingga belum ditemukan peningkatan pengeluaran albumin melalui urin. Kondisi ini kemungkinan disebabkan fungsi penyaringan ginjal responden masih relatif baik, paparan yang diterima belum cukup besar, atau kerusakan ginjal belum mencapai tahap yang dapat terdeteksi melalui pemeriksaan UACR. Tidak meningkatnya UACR juga dapat dipengaruhi oleh kondisi tubuh yang cukup terhidrasi, tidak adanya hipertensi, diabetes, infeksi saluran kemih, maupun riwayat penyakit ginjal.

Sebanyak satu responden atau 5% memiliki nilai UACR sebesar 72,0 mg albumin/g kreatinin, lebih tinggi dibandingkan rata-rata kelompok normal sebesar 10,4 mg albumin/g kreatinin. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengeluaran albumin melalui urin pada responden ini lebih besar dibandingkan mayoritas responden lainnya. Peningkatan UACR tidak selalu berhubungan langsung dengan paparan kadmium karena responden tersebut memiliki kadar U-Cd yang relatif rendah.

Peningkatan ini kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lain, seperti hipertensi, peningkatan gula darah, dehidrasi, aktivitas fisik berat sebelum pengambilan sampel, demam, infeksi saluran kemih, atau gangguan ginjal yang telah ada sebelumnya [23]. Nilai 72,0 mg albumin/g kreatinin perlu dikonfirmasi melalui pemeriksaan ulang karena peningkatan albumin urin dapat bersifat sementara. Satu responden lainnya atau 5% memiliki nilai UACR sebesar 341,1 mg albumin/g kreatinin, yang telah melampaui batas 300 mg/g dan jauh lebih tinggi daripada batas normal <30 mg/g. Responden tersebut juga memiliki kadar U-Cd tertinggi, sehingga paparan kadmium diduga turut berperan dalam peningkatan UACR. Kadmium yang masuk melalui asap pengelasan maupun asap rokok dapat terakumulasi pada ginjal dan mengganggu fungsi glomerulus serta tubulus, sehingga albumin lebih mudah keluar bersama urin. Nilai UACR sebesar 341,1 mg/g belum dapat dipastikan hanya disebabkan oleh paparan kadmium karena penelitian ini tidak membuktikan hubungan sebab-akibat dan hasilnya masih dapat dipengaruhi oleh tekanan darah, diabetes, dehidrasi, infeksi, aktivitas fisik, riwayat penyakit ginjal, serta konsentrasi urin saat pemeriksaan. Sebanyak 90% responden tidak mengalami peningkatan UACR, sedangkan 10% mengalami peningkatan yang kemungkinan dipengaruhi oleh paparan kadmium dan kondisi kesehatan masing-masing responden. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan [24] yang menunjukkan bahwa peningkatan kadmium urin dapat disertai albuminuria atau gangguan fungsi ginjal. Dukungan terhadap temuan ini juga terlihat pada penelitian [25] menjelaskan bahwa

albuminuria dapat digunakan sebagai salah satu bioindikator awal untuk menilai adanya gangguan ginjal pada kelompok yang terpapar kadmium. Peningkatan nilai UACR hanya terjadi pada sebagian kecil responden, hasil tersebut tetap perlu diperhatikan karena dapat menunjukkan adanya indikasi awal gangguan pada fungsi ginjal.

Hasil data uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa kadar kadmium urin (U-Cd) memiliki nilai statistik sebesar 0,766 dengan signifikansi $p < 0,000$, sedangkan UACR memperoleh nilai statistik 0,319 dengan $p < 0,000$. Nilai statistik UACR yang lebih kecil daripada U-Cd menandakan bahwa distribusi data UACR menyimpang lebih jauh dari pola distribusi normal. Nilai signifikansi kedua variabel kurang dari 0,05, data U-Cd dan UACR dinyatakan tidak berdistribusi normal. Keadaan ini menggambarkan bahwa sebagian besar data berada pada kisaran nilai rendah, sementara beberapa nilai yang jauh lebih tinggi menyebabkan penyebarannya menjadi tidak merata.

Pengujian homogenitas menghasilkan nilai Levene Statistik sebesar 5,642 dengan nilai signifikansi 0,023. Nilai signifikansi yang berada di bawah 0,05 menunjukkan bahwa variasi data pada kedua variabel tidak sama atau bersifat tidak homogen. Besarnya nilai Levene Statistic 5,642 mengindikasikan adanya perbedaan variasi data yang cukup nyata, Nilai signifikansi 0,023 menunjukkan bahwa kecil kemungkinan perbedaan tersebut terjadi secara kebetulan. Ketidaksamaan variasi ini kemungkinan berkaitan dengan rentang nilai UACR yang lebih luas dibandingkan U-Cd, terutama karena terdapat beberapa nilai UACR yang jauh lebih tinggi daripada sebagian besar hasil pemeriksaan.

Berdasarkan hasil uji Spearman menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,335 dengan p-value 0,148. Nilai koefisien yang positif menunjukkan bahwa arah hubungan antara kadar kadmium urin (U-Cd) dan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) bersifat searah. Artinya, semakin tinggi kadar kadmium urin, terdapat kecenderungan nilai UACR juga meningkat. Hubungan tersebut tidak bermakna secara statistik karena p-value lebih besar dari 0,05. Secara statistik tidak terdapat hubungan signifikan antara kadar kadmium urin dengan UACR pada pekerja las di Kota Bangkalan.

IV. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada 20 pekerja las di Kota Bangkalan sebanyak 19 responden (95%) memiliki kadar kadmium urin (U-Cd) $< 5,0$ mg/L dan satu responden (5%) memiliki kadar U-Cd $\geq 5,0$ mg/L. Berdasarkan pemeriksaan UACR, sebanyak 18 responden (90%) berada dalam kategori normal, satu responden (5%), dan satu responden (5%). Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan adanya kecenderungan hubungan positif antara kadar kadmium urin dan Rasio albumin/kreatinin urin UACR dengan koefisien korelasi 0,335, tetapi hubungan tersebut tidak bermakna secara statistik karena p-value 0,148 yang artinya tidak terdapat hubungan signifikan antara kadar kadmium urin (U-Cd) dengan rasio albumin/kreatinin urin (UACR) pada pekerja las di Kota Bangkalan.

V. Ucapan Terima Kasih

Peneliti menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, atas dukungan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya yang telah membantu pelaksanaan pemeriksaan sampel, serta kepada seluruh pekerja las di Kota Bangkalan yang telah bersedia berpartisipasi sebagai responden. Peneliti berharap hasil penelitian ini dapat memberi kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang kesehatan kerja dan toksikologi lingkungan.

VI. Daftar Pustaka

- [1] D. Zhao, P. Wang, and F. J. Zhao, "Dietary cadmium exposure, risks to human health and mitigation strategies," *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 53, no. 8, pp. 939–963, 2023, doi: 10.1080/10643389.2022.2099192.
- [2] A. E. Charkiewicz, W. J. Omeljaniuk, K. Nowak, M. Garley, and J. Nikliński, "Toksitas Kadmium dan Dampaknya terhadap Kesehatan Ringkasan Singkat," *Molecules*, vol. 28, no. 18, pp. 1–16, 2023, doi: 10.3390/molecules28186620.
- [3] E. C. Moody, S. G. Coca, and A. P. Sanders, "Toxic Metals and Chronic Kidney Disease: A Systematic Review of Recent Literature (Logam beracun dan penyakit ginjal kronis: Tinjauan sistematis literatur terkini)," *Curr. Environ. Heal. Reports*, vol. 5, no. 4, pp. 453–463, 2018, doi: 10.1007/s40572-018-0212-1.

- [4] F. Buonauro, M. Luisa, D. Pigini, G. Tranfo, S. Canepari, and I. D. Alessandro, "Biomarker Stres Oksidatif dalam Urin Pekerja Pertukangan Logam Dapat Menjadi Diagnostik Paparan Kerja terhadap Asap Las Tingkat Rendah dari Logam Terkait," pp. 1–15, 2021.
- [5] A. Msayarida, R. N. Ramirez, and J. Rothenberg, "Paparan Asap Tembakau dan Kadmium dalam Urin pada Wanita di Meksiko Utara," 2021.
- [6] S. S. Cigan *et al.*, "Perbedaan Etnis Kadar Kadmium dalam Urine Perokok dari Studi Kohort Multietnis," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 5, pp. 1–13, 2021, doi: 10.3390/ijerph18052669.
- [7] H. N. A. Lotah, A. K. Agarwal, and R. Khanam, "Logam berat pada rambut dan kuku sebagai penanda risiko kerja pada juru las yang bekerja di Uni Emirat Arab," *Toxicol. Res.*, vol. 38, no. 1, pp. 63–68, 2022, doi: 10.1007/s43188-021-00091-4.
- [8] M. Pradityatama, F. Kurnia, J. Aruan, M. Chaedar, and M. D. Surya, "Identifikasi Potensi Kecelakaan Kerja Pada Proses Pengelasan di Bengkel Las K Dengan Metode HIRARC," *J. PASTI (Penelitian dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 17, no. 3, p. 310, 2024, doi: 10.22441/pasti.2023.v17i3.003.
- [9] W. Mulyani and A. I. Pamungkas, *Keselamatan Kerja di Bengkel Las: Risiko, Bahaya, dan Pencegahan*, 1st ed. Bangkinang, Indonesia: CV Diva Press Indonesia, Sep. 2025, ISBN 978-634-04-3559-7.
- [10] B. T. Dirja, D. Rahmadhona, and D. A. Zulkarnaen, "Pelatihan pencegahan intoksikasi kadmium pada pekerja bengkel las di Kota Mataram," *INDRA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 2, pp. 45–47, 2021, doi: 10.29303/indra.v2i2.129.
- [11] S. Satarug, S. Yimthiang, T. Khamphaya, P. Pouyfung, D. A. Vesey, and B. Dord, "Albuminuria pada Orang yang Terpapar Kadmium Dosis Rendah Secara Kronis Dikaitkan dengan Peningkatan Tekanan Darah," pp. 1–16, 2025.
- [12] C. H. Dewi, "Perbedaan kadar kadmium (Cd) dalam darah dan tekanan darah pada pengelas dan nonpengelas di PT. X Surabaya," *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, vol. 7, no. 2, pp. 110–123, Dec. 2020, doi: 10.56710/wiyata.v7i2.158.
- [13] Charisma Hilda Dewi, "Perbedaan Kadar Kadmium (Cd) dalam Darah dan Tekanan Darah Pada Pengelas dan Non Pengelas Di PT . X Surabaya Charisma Hilda Dewi," *J. Wiyata*, vol. 7, no. 2, pp. 110–123, 2020.
- [14] A. Andita and W. Wimpy, "Hubungan Kadar Kadmium Dengan Kadar Protein Urine Pada Pekerja Pasar Besi Tua Semanggi," *J. Anal. Kesehat.*, vol. 12, no. 2, pp. 92–98, 2023, doi: 10.26630/jak.v12i2.3850.
- [15] A. Susanto, M. R. Yudhiantara, E. K. Putro, P. Kara, and N. Hidayah, "Karakterisasi, Analisis Risiko Kesehatan dan Multiple-Path Particle Dosimetry (MPPD) Model Akibat Paparan Uap Las pada Pekerja Bengkel Pengelasan," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 23, no. 3, pp. 349–361, 2024, doi: 10.14710/jkli.23.3.349-361.
- [16] H. N. A. Lotah, A. K. Agarwal, and R. Khanam, "Logam berat pada rambut dan kuku sebagai penanda risiko kerja pada juru las yang bekerja di Uni Emirat Arab," *Toxicol. Res.*, vol. 38, no. 1, pp. 63–68, 2022, doi: 10.1007/s43188-021-00091-4.
- [17] T. Y. Su, C. H. Pan, Y. T. Hsu, and C. H. Lai, "Dampak Paparan Logam Berat terhadap Pekerja Las Galangan Kapal: Catatan Kewaspadaan terkait 8-Hidroksi-2'-Deoksiganosin," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 23, pp. 2–11, 2019, doi: 10.3390/ijerph16234813.
- [18] Á. Mérida-ortega, L. López-carrillo, K. Rangel-moreno, N. Ramirez, and S. J. Rothenberg, "Paparan asap tembakau dan kadar kadmium dalam urine pada wanita dari Meksiko Utara," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 23, pp. 2–11, 2021, doi: 10.3390/ijerph182312581.
- [19] Hanum dan Wahyudhi, "Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (CD) Pada Petani Di Desa Kedungrejo Kecamatan Megaluh Jombang Berdasarkan Masa Kerja," *J. Insa. Cendekia Vol. 11 No.2 Sept. 2024*, vol. 11, no. 2, pp. 186–192, 2024.
- [20] A. Saryani and T. Harningsih, "Analisa kadar kadmium dalam darah pekerja las berdasarkan masa kerja," *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, vol. 15, no. 2, pp. 227–234, Apr. 2025, doi: 10.32583/pskm.v15i2.2310.
- [21] W. Wąsowicz, B. Janasik, E. Reszka, E. Kasprczyk, J. Chrzanowski, and W. Fendler, "Metals (Cr, Mn, Co, Ni) Concentration In The Blood Plasma And Urine Of Polish Welders And Telomere Length As An Potential Indicatot Of Toxicity Of Metals Weldings Fumes Exprose," *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, vol. 38, no. 1, pp. 70–90, 2025, doi: 10.13075/ijom.1896.02493.
- [22] K. W. Rofifah and M. W. Lestari, "Analisis Paparan Kadar Kadmium (CD) pada Rambut dengan Kejadian Hipertensi Pekerja Las di Kelurahan Banaran, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo," *Sanitasi J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.29238/sanitasi.v16i1.1399.
- [23] J. B. McGill *et al.*, "Memberikan dampak terhadap penyakit ginjal pada penyandang diabetes tipe 2: pentingnya skrining albuminuria," *BMJ Open Diabetes Res. Care*, vol. 10, no. 4, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1136/bmjdr-2022-002806.

- [24] P. N. Yunita Dewi, N. Nurjazuli, and B. Budiyo, "Kadar Kadmium Dalam Urin Menyebabkan Gangguan Fungsi Ginjal Pada Petani Di Desa Gintungan, Distrik Bandung.,," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 14, no. 1, pp. 21–26, 2022, doi: 10.20473/jkl.v14i1.2022.21-26.
- [25] M. F. Madrim, M. H. Ja'afar, and R. Hod, "Prevalensi kadar kadmium abnormal dalam urin dan risiko albuminuria sebagai bioindikator utama masalah ginjal di antara populasi sehat.,," *PeerJ*, vol. 9, 2021, doi: 10.7717/peerj.12014.

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.