

Effects of Processing on Cadmium Accumulation and Dietary Risk Assessment in *Penaeus merguensis* from Sungsang, South Sumatra, Indonesia

Jecika Desmarinda¹, Gusti Diansyah^{1*}, Wike Ayu Eka Putri¹, Rezi Apri¹, Muhamad Nur¹
¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan Indonesia;

Article History

Received : March 27th, 2026

Revised : April 24th, 2026

Accepted : May 03th, 2026

*Corresponding Author: **Gusti Diansyah**, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatera Selatan, Indonesia;
 Email: gusti.diansyah@unsri.ac.id

Abstract: Cadmium (Cd) contamination in estuarine fisheries products raises concerns due to its capacity for bioaccumulation and dietary exposure in humans. Metal accumulation in aquatic organisms is influenced by body size and tissue distribution, with higher concentrations often reported in non-muscle parts such as the head and exoskeleton. However, information on Cd distribution and consumption risk in *P. merguensis* from Sungsang, South Sumatra, remains limited. This study quantified Cd concentrations in *P. merguensis* stratified by size (small and large) and processing condition (peeled and unpeeled), and evaluated potential health risks using Maximum Weekly Intake (MWI) and Maximum Tolerable Intake (MTI) reference thresholds. Cadmium concentrations, determined by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), ranged from $0,038 \pm 0,0002$ to $0,231 \pm 0,0008$ mg/kg. Higher levels were observed in unpeeled samples compared to peeled prawns, and larger individuals exhibited greater metal accumulation. Estimated weekly intake values for adult and child consumption scenarios remained below established tolerable limits, indicating that current exposure levels are unlikely to pose significant non-carcinogenic health risks under typical dietary patterns. Continuous monitoring is nevertheless necessary to support long-term seafood safety management in the region.

Keywords: Cadmium, effect of processing, health risk assessment, *Penaeus merguensis*, South Sumatra.

Pendahuluan

Isu pencemaran logam berat pada lingkungan perairan telah menjadi perhatian serius karena berkaitan langsung dengan ekologi dan keamanan pangan. Logam berat merupakan unsur logam dengan massa jenis lebih dari 5 gr/cm^3 (Juharna *et al.*, 2022). Kontaminan ini umumnya masuk ke perairan melalui aktivitas manusia, seperti limbah industri dan deposisi atmosfer (Akbar & Rahayu., 2023). Logam berat yang terdistribusi pada air dan sedimen, kemudian diserap oleh organisme akuatik melalui bioakumulasi dan mengalami biomagnifikasi sepanjang rantai makanan (Diansyah *et al.*, 2025; Aznur *et al.*, 2022; Jais *et al.*, 2020; Gray, 2002). Proses ini meningkatkan konsentrasi logam pada biota

konsumsi, sehingga menjadi jalur utama paparan bagi manusia.

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat dengan tingkat risiko tinggi karena bersifat toksik, non-esensial, dan persisten di lingkungan. Paparan Cd dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan ginjal dan meningkatkan risiko kanker (Idrees *et al.*, 2018; Ramadhan *et al.*, 2022; Rahmadani & Diniariwisan, 2023). Oleh karena itu, keberadaan Cd dalam produk perikanan memiliki risiko yang tinggi dalam keamanan pangan.

Perairan Sungsang, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan, merupakan ekosistem estuaria yang menerima tekanan aktivitas manusia sehingga menjadi area akumulasi polutan, termasuk logam berat

(Susilowati *et al.*, 2025; Diansyah *et al.*, 2025). Kondisi ini meningkatkan peluang masuknya Cd ke dalam rantai makanan, terutama pada organisme bentik. Udang putih (*Penaeus merguensis*) sebagai organisme bentik-detritivora berinteraksi langsung dengan sedimen dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga menjadi jalur potensial paparan Cd (Emilia *et al.*, 2022; Novianto, 2012). Konsumsi udang dari wilayah ini berpotensi meningkatkan paparan Cd pada masyarakat lokal.

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa akumulasi logam pada organisme akuatik meningkat seiring ukuran dan umur (Balzani *et al.*, 2022), serta terdistribusi lebih tinggi pada bagian non-otot seperti kepala dan eksoskeleton (Ra *et al.*, 2023). Proses pengolahan, seperti pengupasan, juga dapat memengaruhi kadar logam dalam produk akhir yang dikonsumsi. Meskipun keberadaan Cd di Perairan Sungsang telah dilaporkan (Diansyah *et al.*, 2025), informasi mengenai konsentrasi Cd pada produk konsumsi yang mempertimbangkan faktor biologis dan proses pengolahan masih terbatas. Hingga saat ini, belum terdapat kajian yang mengintegrasikan faktor ukuran dan kondisi pengolahan dalam menilai paparan Cd pada *P. merguensis* di perairan estuaria, khususnya di wilayah Sungsang. Akibatnya, estimasi paparan Cd pada manusia berpotensi tidak mencerminkan kondisi konsumsi yang sebenarnya.

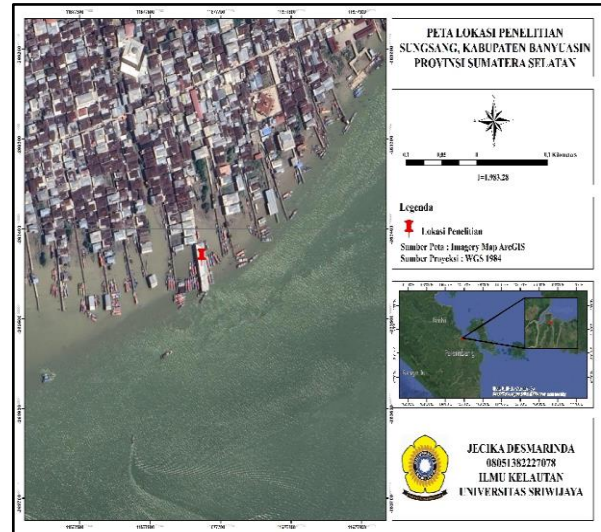
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi Cd berdasarkan ukuran dan kondisi pengolahan, serta mengevaluasi tingkat risiko kesehatan melalui pendekatan MWI dan MTI. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai paparan Cd dari konsumsi udang serta mendukung penilaian keamanan pangan dan pengelolaan lingkungan perairan.

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2025 di Sungsang, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Proses destruksi dilakukan di Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, Indralaya. Analisis

kandungan logam berat dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometer*, AAS).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian yang digunakan, yaitu milimeter blok, penggaris, plastik klip, *ice box*, es batu, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), pipet ukur, labu ukur, botol semprot, batang pengaduk, gelas ukur, cawan porselen, *beaker glass*, tanur (*furnace*), desikator, *hot plate*, *freezer*, neraca analitik, blender, es batu, lemari asam, es batu, aquades, HNO₃ pekat (65%), HCl, sampel udang putih.

Pengambilan Sampel

Sampel udang putih didapatkan dari pengepul/nelayan. Sebelum pengambilan sampel, dilakukan wawancara singkat dengan pengepul untuk mengetahui asal udang putih atau daerah tangkapan udang tersebut. Sampel udang diambil sebanyak 1 kg, kemudian dikelompokkan menjadi dua kategori ukuran, yaitu udang kecil (panjang <10 cm) dan udang besar (panjang >15 cm) (Ananda *et al.*, 2023). Selanjutnya, sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik (plastik klip), didinginkan menggunakan es batu dan disimpan di dalam *ice box* dengan suhu (± 4 °C) selama perjalanan dari lokasi pengambilan hingga sebelum analisis di laboratorium. Di laboratorium, sampel

dimasukkan dalam lemari pendingin/freezer (-20 °C) untuk mempertahankan kestabilan kondisi sampel sebelum dilakukan analisis kandungan Cd.

Preparasi Sampel

Sampel udang dipisahkan berdasarkan ukuran (kecil dan besar) serta kondisi kupasan (dikupas dan tidak dikupas). Untuk sampel dikupas, kulit dan kepala dipisahkan dari daging, sedangkan sampel tidak dikupas dibiarkan utuh. Dari setiap kelompok sampel yang telah dipisahkan, diambil sebanyak 3 ekor udang sebagai perwakilan sampel untuk dianalisis. Kemudian, sampel dicuci dengan air mengalir sampai bersih. Setiap sampel udang tersebut dihaluskan menggunakan blender hingga homogen sebelum dilakukan proses analisis logam berat.

Destruksi Sampel

Sampel udang yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 5 gram (berat basah) menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen. Proses pengabuan kering (*dry ashing*) dilakukan dalam *furnace* dengan peningkatan suhu secara bertahap, yaitu setiap 30 menit dinaikkan sebesar 100 °C hingga mencapai 450 °C, lalu dibiarkan berlangsung selama 18 jam. Setelah pengabuan selesai, sampel diambil lalu didinginkan dalam desikator hingga mencapai suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan 1 ml larutan HNO₃ pekat (65%) untuk melarutkan sisa abu yang terbentuk, kemudian dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100 °C hingga kering. Sampel yang telah kering dimasukkan kembali ke dalam *furnace* dengan pola pemanasan yang sama hingga mencapai suhu 450 °C dan dipertahankan selama 3 jam untuk memastikan semua bahan organik terurai sempurna.

Abu berwarna putih yang dihasilkan didinginkan, lalu ditambahkan 5 ml HCl 6 M dan dihomogenkan, kemudian dipanaskan kembali pada *hot plate* bersuhu 100 °C. Setelah itu, ke dalam sampel ditambahkan 10 ml HNO₃ 0,1 M dan didinginkan selama 1 jam pada suhu ruang. Larutan yang diperoleh kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditepatan volumenya dengan HNO₃ 0,1 M hingga tanda tera, sehingga dihasilkan larutan akhir yang siap digunakan

untuk analisis kandungan logam berat menggunakan AAS.

Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 228,0 nm. Setiap sampel diukur sebanyak tiga (3) kali pengulangan guna memastikan hasil yang diperoleh memiliki tingkat ketelitian dan keakuratan yang tinggi. Nilai konsentrasi akhir logam Cd dalam sampel ditentukan berdasarkan rata-rata dari hasil pengulangan pembacaan tersebut.

Analisis Data

Konsentrasi Logam Berat Cd

Kadar konsentrasi logam berat Cd dihitung menggunakan rumus yang merujuk pada SNI 2354.5:2011.

$$\text{Konsentrasi Logam } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{(D - E) * Fp * V}{W}$$

Keterangan:

D = Konsentrasi contoh (μg/l)

E = Konsentrasi blanko (μg/l)

Fp = Faktor pengenceran (1)

V = Volume total larutan akhir (l)

W = Berat sampel (g)

Penentuan Ambang Maksimum Asupan Logam Berat

Udang putih (*P. merguensis*) yang terkontaminasi logam berat dapat menimbulkan risiko apabila dikonsumsi secara terus-menerus, karena logam tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan batas maksimum asupan logam yang aman dikonsumsi dengan menggunakan rumus berikut.:

$$\text{MWI}^{\text{a)}} = \text{Berat Badan}^{\text{b)}} * \text{PTWI}^{\text{c)}})$$

Keterangan:

a) MWI (*Maximum Weekly Intake*) = Batas maksimum kandungan logam berat dalam bahan pangan yang boleh dikonsumsi setiap minggu (mg/minggu).

b) Berat Badan = Berat badan rata-rata orang dewasa Indonesia adalah 50 kg, sedangkan rata-rata berat badan anak-anak Indonesia adalah 15 kg berdasarkan Rosiana *et al.*, (2022).

c) PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*) = Angka toleransi batas maksimum per

minggu berdasarkan EFSA, 2011 yaitu sebesar 0,0025 mg/kg-bb/minggu.

Setelah nilai MWI diketahui serta konsentrasi logam berat pada udang telah diperoleh, maka dapat ditentukan berat maksimum konsumsi udang putih setiap minggu. Untuk mengetahui batas konsumsi tersebut, nilai MTI dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MTI = MWI/Ct$$

Keterangan:

MTI (*Maximum Weekly Intake*) = Batas maksimum kandungan logam berat yang masih diperbolehkan untuk dikonsumsi setiap minggu (mg/minggu).

Ct = Kandungan Logam berat pada tubuh udang (mg/kg).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Logam Berat Cd pada Udang Putih

Hasil pengukuran nilai kandungan logam berat Cd dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan tiga kali pengulangan pada setiap sampel, yaitu udang kecil dikupas, udang kecil tidak dikupas, udang besar dikupas, dan udang besar tidak dikupas. Nilai kandungan logam berat Cd disajikan pada Tabel 1.

Udang putih berperan sebagai bioakumulator yang dapat menyerap serta

menumpuk zat dari lingkungan akuatik, salah satunya yaitu logam berat (Emilia *et al.*, 2022). Akumulasi logam dalam tubuh udang terjadi melalui berbagai jalur, terutama melalui insang. Semakin reaktif logam berat, semakin luas penyebarannya hingga dapat memengaruhi seluruh permukaan tubuh (Asih., 2020). Logam dapat menyebar ke berbagai bagian tubuh manusia, terutama melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi dan dapat mengganggu sistem saraf, pertumbuhan terhambat, gangguan pada fungsi ginjal, serta kerusakan DNA yang dapat memicu kanker (Agustina., 2014).

Kandungan logam Cd berkisar antara $0,038 \pm 0,0002$ mg/kg hingga $0,231 \pm 0,0008$ mg/kg (Tabel 1). Ketika ditinjau dari pengaruh ukuran tubuh, terdapat perbedaan konsentrasi yang cukup signifikan antara udang berukuran kecil dan udang berukuran besar. Udang besar secara konsisten menunjukkan nilai konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan udang kecil. Nilai tertinggi berada pada udang besar tidak dikupas yaitu $0,231 \pm 0,0008$ mg/kg, sedangkan pada udang kecil nilainya jauh lebih rendah yaitu $0,090 \pm 0,0002$ mg/kg. Perbedaan ini menunjukkan bahwa ukuran tubuh berperan dalam proses akumulasi logam. Individu yang lebih besar cenderung memiliki waktu paparan yang lebih lama dan kapasitas akumulasi yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan Balzani *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa akumulasi logam pada organisme akuatik meningkat seiring pertumbuhan dan umur.

Tabel 1. Kandungan Logam Berat Cd pada Udang Putih

No.	Jenis Sampel	Logam Berat Cd (mg/kg)
1.	Udang Kecil Dikupas	$0,038 \pm 0,0002$
2.	Udang Kecil Tidak Dikupas	$0,090 \pm 0,0002$
3.	Udang Besar Dikupas	$0,062 \pm 0,0016$
4.	Udang Besar Tidak Dikupas	$0,231 \pm 0,0008$
Baku Mutu (mg/kg):		
SNI 7387:2009		1,0
FAO/WHO, 1984		1,0

Selain ukuran, proses pengupasan kulit secara signifikan menurunkan kadar Cd pada sampel. Pengupasan menurunkan kadar Cd pada udang kecil dari $0,090 \pm 0,0002$ mg/kg menjadi $0,038 \pm 0,0002$ mg/kg. Pada udang besar, kadar Cd menurun dari $0,231 \pm 0,0008$ mg/kg menjadi $0,062 \pm 0,0016$ mg/kg setelah pengupasan. Hasil

ini menunjukkan bahwa bagian non-otot, seperti kepala dan eksoskeleton, berkontribusi besar terhadap akumulasi logam.

Perbedaan nilai yang signifikan ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd pada udang putih lebih tinggi pada sampel utuh (tidak dikupas) dibandingkan sampel daging saja, yang

mengindikasikan bahwa keberadaan bagian kepala dan kulit berkontribusi terhadap peningkatan kandungan logam berat secara keseluruhan. Menurut (Nugroho *et al.*, 2011) komposisi kimia eksoskeleton yang didominasi oleh kitin dan turunannya, kitosan (2-asetamido-2-deoksi- β -D-glukosa) mengandung gugus asam amino dan gugus hidroksil yang memberikan reaktivitas kimia yang tinggi melalui mekanisme pertukaran ion dan khelasi, sehingga secara efektif dapat mengikat ion logam.

Keberadaan Cd di perairan Sungsang diperkirakan berasal dari aktivitas antropogenik di sekitar Sungai Musi. Industri pupuk merupakan salah satu sumber potensial limbah yang mengandung Cd dan terdistribusi ke badan sungai (Putri *et al.*, 2024). Selain itu, aktivitas penumpukan batu bara di sepanjang alur Sungai Musi juga berpotensi menyumbang logam berat seperti Cd melalui limpasan air hujan maupun debu batu bara yang terbawa ke badan perairan.

Selain sumber pencemar, faktor oseanografi juga berperan dalam menentukan

distribusi dan bioavailabilitas logam berat di perairan estuari. Di wilayah muara, seperti Sungai Musi, terjadi pencampuran antara air tawar dari sungai dan air laut sehingga salinitas perairan dapat berfluktuasi. Perubahan salinitas ini dapat mempengaruhi spesiasi dan kelarutan logam berat di lingkungan perairan (Hidayah *et al.*, 2019). Pada kondisi salinitas rendah atau lebih tawar, logam berat seperti Cd dan Ni cenderung lebih mudah terlepas dari partikel sedimen ke kolom air sehingga meningkatkan ketersediaannya bagi organisme akuatik.

Secara keseluruhan, seluruh sampel yang diuji memiliki kadar logam berat yang masih berada di bawah batas aman yang diperbolehkan menurut standar nasional maupun internasional. Merujuk pada standar baku mutu yang ditetapkan oleh SNI 7387:2009 dan FAO/WHO (1984), batas maksimum untuk logam Cd adalah sebesar 1,0 mg/kg. Hasil ini menunjukkan bahwa udang dari perairan Sungsang masih berada dalam kategori aman untuk dikonsumsi, meskipun akumulasi logam tetap perlu diperhatikan dalam jangka panjang.

Tabel 2. Batas Aman Konsumsi Mingguan Logam Cd pada Udang Putih

No.	Jenis Sampel	Berat Badan Rata-rata (kg)	MWI (mg/minggu)	MTI (kg/minggu)
1.	Udang Kecil Dikupas	50 (Dewasa)	0,125	3,289
		15 (Anak-anak)	0,0375	0,987
2.	Udang Kecil Tidak Dikupas	50 (Dewasa)	0,125	1,389
		15 (Anak-anak)	0,0375	0,417
3.	Udang Besar Dikupas	50 (Dewasa)	0,125	2,016
		15 (Anak-anak)	0,0375	0,605
4.	Udang Besar Tidak Dikupas	50 (Dewasa)	0,125	0,541
		15 (Anak-anak)	0,0375	0,162

Ambang Maksimum Asupan Logam Berat Cd pada Udang Putih

Ambang maksimum asupan logam berat Cd dianalisis dengan merujuk pada standar terbaru dari (EFSA., 2011) yang menetapkan nilai PTWI sebesar 0,0025 mg/kg berat badan. Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa nilai MWI logam Cd pada orang dewasa dengan asumsi berat badan 50 kg adalah sebesar 0,125 mg/minggu, sementara pada anak-anak dengan asumsi berat badan 15 kg, jauh lebih rendah yaitu 0,0375 mg/minggu. Nilai tersebut menunjukkan batas maksimum jumlah asupan logam Cd yang dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi pangan per minggu. Oleh karena itu,

pengendalian konsumsi udang yang mengandung Cd menjadi penting, khususnya pada kelompok anak-anak, untuk mencegah akumulasi logam Cd dalam jangka panjang yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan, terutama pada fungsi ginjal.

Nilai MTI yang dihitung berdasarkan kadar Cd pada sampel menunjukkan variasi batas aman konsumsi yang signifikan. Pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa proses pengupasan kulit udang terbukti meningkatkan nilai MTI secara drastis. Pada kelompok udang berukuran kecil, proses pengupasan memberikan ambang batas konsumsi yang paling besar, di mana nilai MTI mencapai 3,289 kg/minggu untuk orang dewasa

dan 0,987 kg/minggu untuk anak-anak. Namun ketika udang kecil dikonsumsi tanpa dikupas, ambang batas tersebut menyusut/berkurang, yakni menjadi 1,389 kg/minggu untuk orang dewasa dan 0,417 untuk anak-anak. Data tersebut menggambarkan bahwa keberadaan kepala dan eksoskeleton (kulit) pada udang kecil sekalipun sudah memberikan dampak paparan logam Cd yang cukup signifikan bagi manusia.

Perubahan nilai MTI juga terlihat jelas pada sampel udang berukuran besar. Meskipun telah dikupas, udang besar memiliki ambang batas konsumsi yang lebih rendah dari pada udang kecil, yaitu sebesar 2,016 kg/minggu. Kondisi paling berisiko ditemukan pada sampel udang besar yang tidak dikupas, di mana nilai MTI menurun drastis menjadi hanya 0,541 kg/minggu untuk orang dewasa dan angka yang sangat krusial bagi anak-anak, yaitu sebesar 0,162 kg/minggu. Rendahnya nilai MTI pada udang besar yang tidak dikupas ini merupakan dampak langsung dari akumulasi logam Cd yang tinggi pada sampel, yaitu sebesar 0,231 mg/kg.

Secara keseluruhan, nilai MTI ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran udang dan apabila dimakan tanpa dikupas, maka risiko kesehatannya akan semakin tinggi. Penting untuk memberikan pengawasan khusus terhadap pola konsumsi udang pada anak-anak, mengingat ambang batas aman (MTI) mereka jauh lebih rendah dibandingkan orang dewasa. Selain pengawasan jumlah konsumsi, upaya pencegahan risiko dapat juga dilakukan dengan membiasakan pemberian udang dalam kondisi sudah dikupas.

Penelitian sebelumnya oleh Ra *et al.*, (2023) yang menunjukkan bahwa logam berat cenderung terakumulasi lebih tinggi pada bagian tubuh non-otot udang, seperti kepala dan kulit, dibandingkan dengan jaringan otot saja. Komposisi kimia eksoskeleton yang didominasi oleh kitin dan turunannya, memiliki gugus asam amino dan gugus hidroksil yang memberikan reaktivitas kimia tinggi melalui mekanisme pertukaran ion dan khelasi, sehingga mengikat ion logam (Nugroho *et al.*, 2011).

Secara keseluruhan, hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai MTI yang diperoleh masih relatif besar dibandingkan dengan jumlah konsumsi udang yang umumnya dikonsumsi masyarakat, sehingga konsumsi udang tersebut masih berada dalam batas aman. Namun

demikian, perlu diperhatikan bahwa masyarakat di wilayah pesisir seperti Sungsang memiliki pola konsumsi hasil laut yang relatif tinggi karena udang termasuk sumber protein yang mudah didapatkan. Apabila masyarakat mengonsumsi udang secara rutin, misalnya setiap hari dalam jangka waktu yang panjang, maka potensi paparan logam berat tetap perlu diperhatikan. Dalam jaringan tubuh, Cd menunjukkan waktu paruh biologis sekitar 5–10 tahun di hati dan 16–33 tahun di ginjal (Herawati., 2001).

Kesimpulan

Kandungan logam berat Cd lebih tinggi pada udang berukuran besar dibandingkan udang kecil. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa ukuran udang dan kondisi kupasan berpengaruh terhadap akumulasi logam berat, di mana udang yang tidak dikupas cenderung memiliki kandungan logam berat lebih tinggi dibandingkan udang yang dikupas. Berdasarkan analisis risiko kesehatan melalui perhitungan MWI dan MTI, seluruh sampel udang putih masih berada dalam batas aman untuk konsumsi mingguan, baik bagi konsumen dewasa maupun anak-anak. Dengan demikian, udang putih yang didaratkan di Sungsang dapat dikategorikan aman untuk dikonsumsi dari aspek keamanan pangan saat ini. Secara ekonomi, hasil penelitian ini mendukung keberlanjutan pemasaran udang putih dari Sungsang, dengan catatan perlunya pemantauan kualitas secara berkala untuk menjaga keamanan pangan jangka panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengungkapkan rasa terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan saran yang sangat berharga selama proses penelitian dan penulisan artikel ini, sehingga artikel ini dapat penulis selesaikan dengan baik.

Referensi

Agustina, T. (2014). Kontaminasi logam berat pada makanan dan dampaknya pada

- kesehatan. *TEKNOBUGA: Jurnal Teknologi Busana Dan Boga*, 1(1). <https://doi.org/10.15294/teknobuga.v1i1.6405>
- Akbar, S. A., & Rahayu, H. K. (2023). Tinjauan literatur: bioakumulasi logam berat pada ikan di perairan Indonesia. *Lantanida Journal*, 11(1), 51-66. <https://doi.org/10.22373/lj.v11i1.17834>
- Ananda, D. T., Depison, D., Lisna, L., Nelwida, N., & Hariski, M. (2023). Struktur dan ukuran layak tangkap udang jerbung (*Penaeus merguensis*) di perairan Mendahara Ilir. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 56-66. <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v13i1.16980>
- Asih, A.Y.P. (2020). Monograf Kandungan Logam Berat pada Udang sebagai Pemicu Timbulnya Penyakit Kanker. Unusa Press, Surabaya, pp: 1-118. ISBN: 978-623-7846-20-8.
- Aznur, B. S., Nisa, S. K., & Septriono, W. A. (2022). Agen biologis potensial untuk bioremediasi logam berat. *Jurnal Maiyah*, 1(4), 186-198. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2022.1.4.7442>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Penentuan kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada produk perikanan. SNI 2354.5:2011
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan. Jakarta
- Balzani, P., Kouba, A., Tricarico, E., Kourantidou, M., & Haubrock, P. J. (2022). Metal accumulation in relation to size and body condition in an all-alien species community. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(17), 25848-25857. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17621-0>
- Diansyah, G., Hermansyah, Rohendi, D., & Ulqodry, T. Z. (2025). Risk assessment of heavy metal pollution in water, sediment, and fish from the Musi River Estuary, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(9), 1051. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14501-9>
- EFSA (European Food Safety Authority). 2011. Scientific Opinion on the Risk for Public Health Related to the Presence of Cadmium in Food. *EFSA Journal* 9(2):1975
- Emilia, I., Putri, Y. P., Jumingin, J., Rizal, S., & Rangga, R. (2022). Biokonsentrasi Timbal Dan Kadmium Terhadap *Penaeus merguensis* Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Desa Sungsang I. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 215-227. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v19i2.9874>
- FAO/WHO, 1984. List of maximum levels recommended for contaminants by the Joint FAO/WHO codex alimentarius commission. Sec. Ser. CAC/FAL Rome 3, 1-8
- Gray, J. S. (2002). Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine pollution bulletin*, 45(1-12), 46-52. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00323-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00323-X)
- Herawati, J. (2001). *Pengaruh Pemberian Cadmium Nitrat Terhadap Perubahan Histopatologis Hati Dan Ginjal Mencit (Mus musculus)* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Hidayah, Y. N., Supriyantini, E., & Suryono, S. (2019). Efektivitas *Gracilaria gigas* sebagai Biofilter Logam Berat Tembaga (Cu) pada Media dengan Salinitas yang Berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2), 87-95. DOI:10.14710/buloma.v8i2.19486
- Idrees, N., Tabassu, B., Abd E.F., Hashem, A., Sarah, R., Hashim, M. (2018). Groundwater contamination with kadmium concentrations in some West U.P. Regions, India. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7), 1365-1368. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.07.005
- Jais, N., Ikhtiar, M., Gafur, A., & Abbas, H. H. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) yang Terdapat dalam Air dan Ikan di Sungai Tallo Makassar. *Window of Public Health Journal*, 01(03), 261-273. DOI: 10.33096/woph.v1i3.112
- Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, H. (2022). Kandungan logam berat timbal

- (Pb) dan kromium (Cr) pada kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 139-148. DOI:10.14710/buloma.v11i2.41617
- Novianto, R. T. T. D. (2012). Analisis kadar timbal (pb) dan kadmium (cd) pada udang putih (*Penaeus marguiesensis*) di pantai gesek sedati sidoarjo. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 1(2), 63-66.
- Nugroho, A., Nurhayati, N. D., & Utami, B. (2011). Sintesis dan karakterisasi membran kitosan untuk aplikasi sensor deteksi logam berat. *Molekul*, 6(2), 123-136. <http://dx.doi.org/10.20884/1.jm.2011.6.2.100>
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Diansyah, G., Rozirwan, R., Fauziyah, F., Agustriani, F., Haryati, A., & Gusri, A. A. (2024). Logam Berat Cd di Sungai Musi Bagian Hilir, Sumatera Selatan. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(1), 13-20. DOI:10.14710/buloma.v13i1.56751
- Ra, W. J., Yoo, H. J., Kim, Y. H., Yun, T., Soh, B., Cho, S. Y., Joo, Y. & Lee, K. W. (2023). Heavy metal concentration according to shrimp species and organ specificity: Monitoring and human risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 197, 115761. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115761>
- Rahmadani, T. B. C., & Diniariwisan, D. (2023). Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) Di Perairan Dan Dampak Terhadap Ikan. *Jurnal Ganec Swara Vol*, 17(2), 1-6.
- Ramadhan, A. D., Maksuk, M., & Yulianto, Y. (2022). Kadar logam berat kadmium (cd) pada air sumur gali masyarakat di Sekitar TPA Sukawinatan. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*, 2(1), 45-50. <https://doi.org/10.36086/jsl.v2i1.866>
- Rosiana, I. W., Wiradana, P. A., Permatasari, A. A. P., Pelupessy, Y. A. E. G., Dame, M. V. O., Soegianto, A., Yulianto, B., & Widhiantara, I. G. (2022). Concentrations of heavy metals in three brown seaweed (Phaeophyta: Phaeophyceae) collected from tourism area in Sanur Beach, Coast of Denpasar, Bali and public health risk assessment. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 14(2), 327. DOI=10.20473/jipk.v14i2.33103
- Susilowati, R., Jayanti, F. M., Sari, L. P., Harliani, D. O., & Santeri, T. (2025). Kualitas Air Laut Terhadap Keberadaan Udang Dogol (*Metapenaeus ensis*) di Perairan Estuaria Desa Sungsang, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Journal of Marine Research*, 14(3), 558-563. <https://doi.org/10.14710/jmr.v14i3.53259>