

Penilaian Risiko Logam Tembaga (Cu) pada *Anadara granosa* Terhadap Kesehatan Manusia

Nurwahyu Ningsih, Irma Suryana, Mohammad Sumiran Paputungan,
Irwan Ramadhan Ritonga*

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman
Jl. Gunung Tabur No 1, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, 75119 Indonesia
Corresponding author, e-mail : ritonga_irwan@fpik.unmul.ac.id

ABSTRAK: Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Namun, ada saat logam Cu masuk ke tubuh manusia telah melewati baku mutu, mungkin dapat mengakibatkan efek samping terhadap kesehatan manusia. Logam Cu dapat masuk ke lingkungan perairan melalui bioakumulasi dalam rantai makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Cu dan menganalisis risiko kesehatan akibat mengkonsumsi Kerang Darah (*Anadara granosa*) terhadap tubuh manusia baik dewasa dan anak – anak. Sampel *A. granosa* dengan ukuran berbeda dibeli dari beberapa pasar tradisional di kota Samarinda. Konsentrasi Cu pada *A. granosa* ditentukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Kisaran Cu pada daging *A. granosa* adalah 0,10 – 0,26 µg/g dengan rerata $0,20 \pm 0,05$ µg/g berat basah. Konsentrasi Cu pada *A. granosa* lebih rendah dari beberapa baku mutu untuk bahan pangan manusia berdasarkan Ditjen POM No.03725/B/SK/1989 (20,0 µg/g). Akumulasi Cu pada *A. granosa* dipengaruhi oleh panjang, berat, kebiasaan makan dan habitat. Penilaian risiko menunjukkan bahwa semua nilai bahaya target (HQ) yang diamati berada dibawah ambang batas 1 ($HQ < 1$). Hal ini menunjukkan tidak ada potensi risiko bahaya non-karsinogenik jangka panjang bagi tubuh orang dewasa dan anak – anak di kota Samarinda akibat konsumsi *A. granosa*.

Kata kunci: Anak – anak; Bioakumulasi; Dewasa; Kajian Risiko; Tubuh Manusia

Risk Assessment of the Metal Risk of Copper (Cu) in Anadara Granosa to Human Health

ABSTRACT: Copper metal (Cu) is one of the nutrients needed by the human body. However, if Cu metal entering the human body has exceeded the quality standard, it may cause adverse effects on human health. Cu metal could enter the aquatic environment through bioaccumulation in the food chain. The purpose of this study is to determine the concentration of Cu and analyse the health risks of consuming blood clams (*Anadara granosa*) to the human body both adults and children. Samples of *A. granosa* with different sizes were purchased from several traditional markets in Samarinda city. Cu concentration in *A. granosa* was determined using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The range of Cu in *A. granosa* meat was 0,10 – 0,26 µg/g with a mean of $0,20 \pm 0,05$ µg/g wet weight. Cu concentration in *A. granosa* was lower than several quality standards for human food based on Ditjen POM No.03725/B/SK/1989 (1,00 µg/g). Cu accumulation in *A. granosa* was influenced by length, weight, feeding habits and habitat. The risk assessment indicates that all observed Hazard Quotient (HQ) values were below the threshold of 1 ($HQ < 1$), demonstrating no potential long-term non-carcinogenic risk to adults and children in Samarinda from the consumption of *A. granosa*.

Keywords: Child; Bioaccumulation; Adult; Risk Assessment; Human Body

PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan proses masuknya organisme, zat, energi, dan komponen lain ke kolom perairan secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Akibatnya, kejadian tersebut dapat

merubah struktur air dan menurunkan kualitas air sampai tingkat tertentu (Pratiwi, 2020). Terdapat dua jenis bahan yang menyebabkan pencemaran air, yaitu eutrofikasi dan zat beracun yang merugikan organisme perairan. Salah satu zat beracun (*toxic*) yang menyebabkan tercemarnya perairan adalah logam berat, yang dapat menyebabkan pengaruh negatif terhadap organisme perairan (Lestari and Trihadiningrum, 2019). Pada dasarnya logam berat dapat dibagi menjadi dua, yaitu logam berat esensial (Cu, Zn, dan Fe) dan logam berat non esensial (Hg, Pb, dan Cd). Logam non-esensial adalah logam yang tidak diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun. Sebaliknya, logam berat esensial adalah logam yang tubuh membutuhkannya dalam jumlah tertentu dan dapat bersifat racun jika dikonsumsi terlalu banyak (Syaifullah *et al.*, 2018). Salah satu logam esensial yang terdapat di lingkungan perairan adalah tembaga (Cu).

Tembaga (Cu) merupakan salah satu elemen penting bagi organisme, baik darat maupun di air, dalam jumlah yang kecil. Sebagai contoh, tubuh manusia, mamalia, dan ikan membutuhkan logam Cu untuk menghasilkan hemoglobin, hemosianin, dan pigmen untuk mengangkut oksigen (Pratiwi, 2020). Namun, dalam jumlah yang melebihi baku mutu (0,008 mg/L) dapat bersifat *toxic* berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004. Pada dasarnya, keberadaan Cu di perairan dapat berasal dari aktifitas alami dan kegiatan manusia dari daratan seperti aktifitas pertanian, perikanan, limbah rumah tangga, industri, transportasi, dan pertambangan (Adyasari *et al.*, 2021; Effendi *et al.*, 2016; Suyatna *et al.*, 2017). Logam Cu yang terdapat di perairan, dapat terakumulasi pada sedimen dan juga beberapa biota perairan, salah satunya kerang darah (*Anadara granosa*). Kerang ini sering dijadikan sebagai hewan uji untuk memantau tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut (Ameliana *et al.*, 2018; Bharan *et al.*, 2018). Hal ini disebabkan *A. granosa* bersifat *filter feeder* dalam memperoleh makanan, sehingga dapat mengakumulasi Cu dalam jumlah yang tinggi di dalam tubuhnya (Rahma *et al.*, 2016).

Anadara granosa merupakan salah satu potensi perikanan dan kelautan yang ada di propinsi Kalimantan Timur, khususnya kota Samarinda. Berdasarkan sumbernya, potensi kerang di wilayah ini biasanya berasal dari wilayah Delta Mahakam. Selain dikonsumsi masyarakat secara luas, kerang ini juga diperjualbelikan di beberapa pasar tradisional di kota Samarinda. Kerang ini mengandung banyak nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh manusia seperti protein (15,95%), lemak (1,6%) dan karbohidrat (1,33%) (Bhara *et al.*, 2018). Selain itu, kerang ini juga mengandung logam Cu yang dibutuhkan (esensial) oleh tubuh dalam berbagai proses metabolisme, seperti pembentukan zat besi yang berguna untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan pada anak, perkembangan fungsi otak, meningkatkan kekuatan tulang, dan fungsi kekebalan tubuh (Agristiyani *et al.*, 2022). Namun, kehadiran Cu dalam jumlah yang signifikan pada *A. granosa* akibat aktifitas antropogenik disepanjang sungai Mahakam seperti limbah pertanian, perikanan, transportasi, tambang batubara, limbah rumah tangga, alih fungsi lahan, eksplorasi minyak dan gas (Darlan *et al.*, 2009; Effendi *et al.*, 2016; Lestari dan Trihadiningrum, 2019) dikhawatirkan dapat menimbulkan akumulasi Cu yang tinggi dan beresiko terhadap kesehatan individu yang mengonsumsinya seperti neurotoksisitas pada hepatoserebral (penyakit Wilson) dan gangguan neurodegeneratif terutama penyakit Alzheimer dan penyakit Parkinson (Pal, 2014). Terdapatnya gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh logam Cu pada tubuh manusia sangat berkaitan dengan seberapa banyak asupan dan frekuensi yang masuk ke dalam tubuh konsumen (Asante-Duah, 2017). Karenanya, salah satu pendekatan yang dilakukan untuk menentukan apakah jenis kerang ini masih layak untuk dikonsumsi oleh para konsumen adalah dengan melakukan kajian risiko.

Sampai saat ini, penelitian logam pada kerang (*bivalva*) telah dilakukan oleh beberapa peneliti di Kalimantan Timur, khususnya jenis *A. granosa* dari Muara Pantuan bagian Delta Mahakam (Ameliana *et al.*, 2018; Andini *et al.*, 2024) dan *Saccostrea sp.* dari Muara Badak (Ritonga *et al.*, 2018). Namun sumber sampel penelitian tersebut hanya dilakukan di lokasi tertentu dan jumlah sampelnya terbatas. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang kandungan logam Cu dan potensi risiko kesehatan manusia akibat mengkonsumsi *A. granosa* yang diperjualbelikan di beberapa pasar tradisional di kota Samarinda.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai Januari sampai Maret 2024. Sampel *A. granosa* dibeli dan dikumpulkan dari beberapa pasar tradisional Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Jenis metode penelitian yang dilakukan di penelitian ini adalah metode survei. Sedangkan teknik pengambilan sampel kerang menggunakan *purposive sampling* dengan memperhatikan ukuran kerang. Proses pembelian dan pengumpulan sampel *A. granosa* dari beberapa pasar tradisional dibedakan berdasarkan ukuran cangkang *A. granosa*. Total 29 sampel kerang dianalisis yang terdiri dari ukuran cangkang kecil (1,50 - 2,29 cm), sedang (2,30 - 3,69 cm) dan besar (3,70 - 4,40 cm). Pada saat pengumpulan sampel kerang dilakukan, proses wawancara dengan para pedagang kerang dilakukan untuk mendapatkan informasi asal kerang yang diperjualbelikan. Berdasarkan hasil wawancara singkat, diketahui sumber kerang berasal dari wilayah Delta Mahakam bagian Utara yakni Muara Badak dan Pantuan, Kabupaten Kutai Kartanegara.

Setelah pengumpulan sampel kerang dilakukan, semua sampel kerang dimasukkan ke dalam plastik dan dibawa ke laboratorium Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman. Seluruh sampel kerang dimasukkan ke dalam *freezer* (-20°C) sampai dilakukannya analisis selanjutnya. Pada hari berikutnya, semua sampel kerang dikeluarkan dari *freezer*, diletakkan di atas meja dan dibiarkan mencair dalam suhu ruangan ($\pm 25^\circ\text{C}$) selama ± 3 jam. Kemudian, masing – masing sampel kerang diukur secara morfometrik yakni panjang (cm) dan berat (gram). Proses pemisahan cangkang dan daging kerang dilakukan dengan menggunakan pisau *stainless*, sedangkan pengambilan daging dilakukan dengan menggunakan pinset plastik. Setelah itu, masing – masing sampel dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* yang telah diberi tanda (*tagging*) dari sampel berdasarkan ukurannya. Kemudian semua sampel kerang dimasukkan kembali ke dalam *freezer* untuk proses destruksi.

Beberapa alat dan bahan yang digunakan di penelitian terdiri dari timbangan digital *Ohaus* (*Merk Adventurer*), labu ukur 50 ml, *hotplate*, pipet tetes, labu ukur (50 ml), *test tube*, *centrifuge*, *Atomic Absorption Spectrophotometers* (AAS) merk *Shimadzu AA 7000*, asam nitrat (HNO_3) 65% (MERCK), asam perklorat (HClO_4) 72% (MERCK), Larutan standar tembaga (Cu) 1000 mg/L (MERCK) dan akuades.

Metode destruksi dan analisis sampel dilakukan untuk menentukan konsentrasi Cu pada daging kerang sesuai dengan metode SNI 6989-84:2019. Sebelum proses destruksi asam dilakukan, daging *A. granosa* yang telah dipisahkan dari cangkangnya dihomogenkan dengan cara mencacah dengan pisau *stainless*. Selanjutnya sampel kerang yang telah dihomogenkan, ditimbang ± 5 gram menggunakan timbangan analitik. Kemudian, masing – masing sampel kerang dimasukkan ke dalam labu ukur. Masing – masing sampel ditambah 0,5 ml HClO_4 dan 5 ml HNO_3 dan dibiarkan selama ± 8 jam. Keesokan harinya, sampel diletakkan di atas *hotplate* dan diuapkan pada suhu 100°C selama ± 1 jam. Kemudian, suhu ditingkatkan menjadi 150°C sampai uap kuning habis menjadi uap putih dan larutan sampel berubah bening. Setelahnya masing – masing sampel dibiarkan sampai dingin. Semua sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi (*test tube*) dan dimasukkan ke dalam *Centrifuge* selama ± 5 menit. Kemudian, larutan sampel diambil dengan pipet sebanyak ± 1 ml dan dipindahkan ke dalam botol plastik yang telah diberi label. Setelahnya, masing-masing sampel larutan ditambahkan *aquades* hingga 10 ml. Terakhir, masing – masing larutan dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometers* (AAS) untuk mengetahui konsentrasi Cu dengan panjang gelombang 324,8 nm. Penentuan konsentrasi Cu pada *A. granosa* di penelitian ini menggunakan metode berat basah (*wet weight*).

Proses kualitas kontrol (*control quality*) di penelitian ini digunakan untuk mengetahui adanya tingkat kontaminasi yang dapat terjadi pada saat proses analisis destruksi. Terdapat larutan *blank* ($n=3$) digunakan pada saat proses destruksi dilakukan. Kemudian, larutan standar yang digunakan di penelitian ini adalah 0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, dan 10 mg/L dipersiapkan sebelum analisis sampel dimulai. Tingkat keakuratan metode destruksi dipenelitian ini dilakukan dengan cara *spike*. Berdasarkan hasil nilai analisis, persen hasil pemulihan (% *recovery*) dari tingkat keakuratan metode destruksi di penelitian ini adalah memuaskan (90 – 110%). Perbedaan Persen Relatifnya (RPD) dari analisis sampel adalah kurang dari 10% (RPD <10%). Kemudian, deteksi

limit (DL) dari penelitian ini adalah 0,0052 µg/g.

Perkiraan asupan mingguan (EWI) dihitung untuk menilai risiko kesehatan konsumsi yang terkait dengan konsumsi *A. granosa* dikalangan orang dewasa (pria dan wanita) dan anak-anak di Kota Samarinda. Nilai paparan EWI untuk tembaga (Cu) pada *A. granosa* mengikuti persamaan Asante-Duah (2017) sebagai berikut:

$$EWI = \frac{Cm \times FIR}{BW} \times 7$$

Keterangan: Cm = Konsentrasi Cu pada *A. granosa*, FIR = Rata-rata tingkat konsumsi harian kerang di Samarinda (12,71 gram/hari) (BPS, 2023), BW = Asumsi rerata berat badan konsumen di Kota Samarinda (laki – laki dan perempuan dewasa) adalah 64,5 kg (Ritonga dan Budiarsa, 2022) dan anak – anak = 10 kg (USEPA, 2011).

Perhitungan risiko non-karsinogenik bahaya target (HQ) pada Cu menggunakan rumus sebagai berikut (Asante-Duah, 2017):

$$HQ = \frac{EF \times ED \times FIR \times Cm}{RfD \times BW \times AT} \times 10^{-3}$$

Keterangan: EF = Paparan frekuensi logam berat (365 hari/tahun), ED = Rerata durasi paparan logam di Kota Samarinda (71,3 tahun) berdasarkan rerata usia konsumen yakni selama 71,3 tahun (BPS, 2023), AT = Rerata waktu paparan logam berat untuk non-karsinogenik (365 hari/tahun x 71,3 tahun atau 26024,5 hari), RfD = Referensi dosis konsumsi dari logam Cu (0.04 mg/kg/hari) berdasarkan USEPA (2023). Jika nilai HQ < 1, menunjukkan bahwa tidak adanya risiko kesehatan non-karsinogenik untuk jangka panjang pada tubuh manusia setelah mengonsumsi daging *A. granosa*.

Data yang telah dikumpulkan dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan *Microsoft Windows Excel* dan *SPSS* versi 19.0. Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dan dijelaskan secara deskriptif (minimum, maksimum dan standar deviasi). Konsentrasi Cu pada *A. granosa* dibandingkan dengan baku mutu Ditjen POM No.03725/B/SK/1989 (20,0 µg/g). Dikarenakan sebaran data tidak normal dan homogen, hubungan antara konsentrasi Cu dengan panjang dan berat *A. granosa* dianalisis menggunakan uji korelasi *Spearman*. Tingkat kepercayaan yang digunakan di penelitian adalah $\alpha=0.05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menemukan bahwa konsentrasi Cu pada *A. granosa* berkisar 0,10 – 0,26 µg/g dengan rerata $0,20 \pm 0,05$ µg/g berat basah. Secara umum, konsentrasi Cu yang didapatkan pada *A. granosa* jauh lebih rendah sepuluh (10) kali lipat dibanding nilai ambang batas untuk bahan pangan manusia menurut Ditjen POM No.03725/B/SK/1989 (DITJEN POM, 1989) yakni 20,0 µg/g (Tabel 1). Temuan ini mengindikasikan bahwa *A. granosa* mungkin tidak memberikan risiko kesehatan jika dikonsumsi manusia baik usia dewasa maupun anak - anak.

Konsentrasi Cu yang bervariasi pada *A. granosa* di penelitian ini mungkin lebih dikarenakan perbedaan proses detoksifikasi dan ekresinya. Pada dasarnya, *A. granosa* adalah salah satu organisme perairan yang hidup menetap (*sessile*) dan menggunakan *filter feeding* untuk mendapatkan makanan dengan menyaring plankton dan bahan organik (Yurimoto *et al.*, 2021). Setelah bahan organik terpapar Cu dan diserap ke dalam tubuh kerang, logam dapat dikeluarkan melalui ekskresi, atau purifikasi. Namun, jika konsentrasi Cu yang tinggi bertahan lama dalam perairan, maka Cu dapat terakumulasi dalam tubuh kerang. Akibatnya, proses pengeluaran (ekskresi) logam Cu tidak sebanding dengan proses masuknya logam tersebut dari tubuh kerang

(Hariyoto, 2021). Oleh karena itu, pola makan dan gaya hidup kerang mungkin berpengaruh terhadap variasi konsentrasi Cu yang ditemukan dalam penelitian ini.

Berdasarkan hasil observasi, terdapatnya konsentrasi Cu pada sampel *A. granosa* di penelitian ini mungkin juga disebabkan adanya faktor keberadaan logam tersebut itu sendiri di lokasi pengambilan sampel. Habitat *A. granosa* di lokasi pengambilan sampel (Muara Badak dan Pantuan) selain dipengaruhi oleh faktor alami (natural), juga dipengaruhi oleh beberapa aktifitas manusia yang berpotensi menghasilkan limbah Cu dari daratan seperti limbah industri galangan kapal dan buangan rumah tangga, perikanan, pertanian, transportasi sungai, pembukaan lahan, eksplorasi minyak dan gas (Darlan *et al.*, 2009; Effendi *et al.*, 2016). Semua aktifitas manusia yang mengandung logam Cu tersebut dapat terdistribusi ke sungai, muara sungai, dan laut terbuka melalui aliran sungai Mahakam dan Muara Badak. Di laut, logam Cu dapat berikatan dengan senyawa yg lain dan terdistribusi dengan adanya fenomena hidroosenografi seperti arus, gelombang dan pasang surut. Berdasarkan hasil investigasi sebelumnya, Rahma *et al.*, (2016) menemukan konsentrasi Cu pada perairan (0,033 - 0,035 µg/g) dan sedimen (0,010 - 0,113 µg/g) di wilayah perairan Muara Badak. Temuan tersebut dapat mengindikasikan bahwa logam Cu pada *A. granosa* memang sudah ada dan terakumulasi di wilayah sumber pengambilan sampel *A. granosa*.

Tabel 1. Konsentrasi Cu (µg/g berat basah) pada *A. granosa* dan spesies lain dari berbagai lokasi di Indonesia.

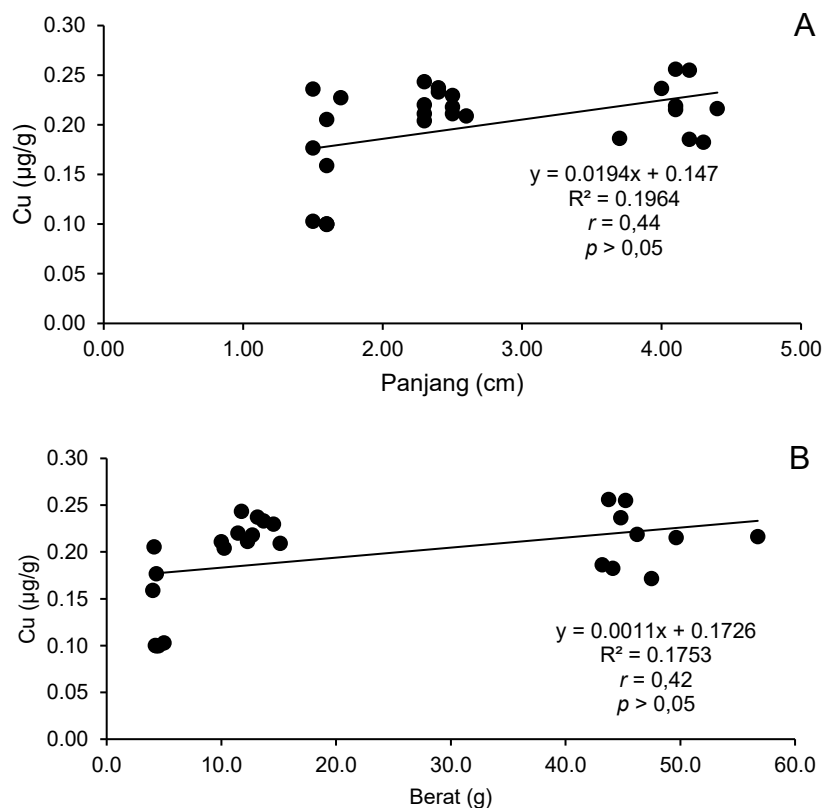
Spesies	Lokasi	N	Panjang (cm)	Berat (gr)	Cu (µg/g)	Referensi
<i>A. granosa</i>	Muara Badak, Kalimantan Timur	-	-	-	0,066 - 0,078	Rahma, (2016)
<i>A. granosa</i>	Muara Pantuan, Kalimantan Timur	20	2,00 - 5,00	-	2,41 – 23,1	Ameliana <i>et al.</i> , (2018)
<i>A. granosa</i>	Perairan Pulau Pasaran, Lampung	-	-	-	95,11	Rahmah (2019)
<i>A. granosa</i>	Pantai Utara, Jawa Tengah	154	-	-	(6,94 ± 4,33) (1,61 - 14,77)	Yulianto <i>et al.</i> , (2019)
<i>A. granosa</i>	Tambak Lorok, Jawa Tengah	-	-	300	1,423	Agristiyan <i>et al.</i> , (2022)
<i>A. granosa</i>	Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan	8	-	-	5,20 - 5,82	Putri & Anggraini, (2022)
<i>A. granosa</i>	Delta Mahakam, Kalimantan Timur	29	2,75 ± 1,09 (1,50 – 4,40)	21,8 ± 19,0 (3,62 – 56,8)	0,20 ± 0,05 (0,10 – 0,26)	Penelitian ini
Baku mutu Cu					20,0	Ditjen POM (1989)

n = jumlah sampel kerang yang dianalisis.

Di penelitian ini, konsentrasi Cu pada *A. granosa* dibandingkan dengan hasil penelitian yang lain di beberapa lokasi yang berbeda. Secara umum, rerata konsentrasi Cu pada *A. granosa* di penelitian ini lebih rendah dari beberapa lokasi penelitian yang berbeda di Indonesia, kecuali Rahma, (2016) (Tabel 1). Rendahnya nilai Cu di penelitian ini mungkin ada kaitannya dengan ukuran kerang. Sebagai contoh, ukuran sampel *A. granosa* di penelitian ini relatif lebih kecil (2,00 - 5,00 cm) memiliki konsentrasi Cu lebih kecil jika dibandingkan ukuran sampel (3 - 10 cm) yang diinvestigasi oleh Ameliana *et al.*, (2018). Hasil yang sama juga ditemukan oleh Agristiyani *et al.*, (2022) yang mana kerang dengan ukuran yang lebih besar (300 g) memiliki konsentrasi Cu yang lebih tinggi (Tabel 1). Temuan ini mengindikasikan bahwa perbedaan lokasi pengambilan sampel, serta sumber logam berat *A. granosa* dapat mempengaruhi konsentrasi Cu pada kerang (Ameliana *et al.*, 2018; Yulianto *et al.*, 2019).

Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan hubungan antara konsentrasi Cu terhadap panjang ($r = 0,54$ dan $p > 0,05$) dan berat ($r = 0,41$ dan $p > 0,05$) *A. granosa* memiliki hubungan yang sedang. Kemudian, tidak ada perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antara hubungan konsentrasi Cu terhadap ukuran *A. granosa* di penelitian ini berdasarkan uji *Kruskal Wallis* (Gambar 1 A dan B). Berdasarkan klasifikasi ukurannya, konsentrasi Cu pada *A. granosa* terhadap ukuran sedang ($0,22 \pm 0,01 \mu\text{g/g}$) dan besar ($0,21 \pm 0,03 \mu\text{g/g}$) relatif lebih tinggi dibandingkan ukuran kecil ($0,16 \pm 0,06 \mu\text{g/g}$). Secara umum, temuan ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran *A. granosa*, maka akumulasi Cu pada tubuh kerang semakin meningkat.

Pada dasarnya logam Cu merupakan salah satu logam yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dengan konsentrasi tertentu. Sebagai contoh, logam Cu diperlukan tubuh manusia untuk proses metabolisme dan pembentukan sel-sel darah merah. Biasanya, kebutuhan logam Cu untuk orang dewasa kurang lebih 2 mg/hari dan 0,005 – 0,1 mg/hari untuk bayi dan anak – anak (Loga and Kambuno, 2014). Akan tetapi, jika paparan Cu terjadi terus menerus akibat konsumsi kerang, maka



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi Cu dengan panjang (A) dan berat (B) pada *A. granosa*

potensi terjadinya risiko terhadap kesehatan manusia mungkin dapat terjadi. Karenanya, perlu dilakukan analisis kajian tentang risiko penilaian akibat konsumsi *A. granosa* berdasarkan EWI dan HQ (Asante-Duah, 2017).

Hasil analisis risiko menemukan nilai estimasi asupan mingguan (EWI) dewasa berkisar $1,38 \times 10^{-7} - 3,53 \times 10^{-7}$ µg/kg berat badan/ minggu dengan rerata $2,74 \times 10^{-7}$ µg/kg berat badan/ minggu. Kemudian, nilai EWI anak-anak berkisar $8,89 \times 10^{-7} - 2,28 \times 10^{-6}$ µg/kg berat badan/ minggu dengan rerata $1,76 \times 10^{-6}$ µg/kg berat badan/ minggu. Secara umum, seluruh nilai EWI lebih rendah dari angka asupan mingguan sementara (PTWI); dengan batas maksimum daging *A. granosa* yang dapat ditolerir dalam waktu satu minggu adalah kurang dari 3500 µg/kg berat badan/ minggu berdasarkan *joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* (JECFA, 2010). Temuan ini relatif sama dengan Irawati *et al.*, (2018) mengenai EWI pada logam Cu pada kerang totok (*Geloina erosa*) di perairan Segara Anakan dan Sungai Donan, Cilacap. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai EWI ($5,335 - 1,601$ µg/kg berat badan per minggu) juga lebih rendah dari nilai PTWI.

Tabel 2. Nilai kajian risiko berdasarkan EWI dan HQ pada Kerang Darah (*A. granosa*) pada orang dewasa (64,5 kg) dan anak-anak (10 kg) di Kota Samarinda.

No sampel	EWI (µg/kg berat badan/hari)		HQ	
	Dewasa	Anak-anak	Dewasa	Anak-anak
1	$1,42 \times 10^{-7}$	$9,16 \times 10^{-7}$	$5,07 \times 10^{-6}$	$3,27 \times 10^{-5}$
2	$1,38 \times 10^{-7}$	$8,90 \times 10^{-7}$	$4,93 \times 10^{-6}$	$3,18 \times 10^{-5}$
3	$1,38 \times 10^{-7}$	$8,89 \times 10^{-7}$	$4,92 \times 10^{-6}$	$3,17 \times 10^{-5}$
4	$2,19 \times 10^{-7}$	$1,42 \times 10^{-6}$	$7,84 \times 10^{-6}$	$5,06 \times 10^{-5}$
5	$1,38 \times 10^{-7}$	$8,93 \times 10^{-7}$	$4,95 \times 10^{-6}$	$3,19 \times 10^{-5}$
6	$2,44 \times 10^{-7}$	$1,57 \times 10^{-6}$	$8,71 \times 10^{-6}$	$5,62 \times 10^{-5}$
7	$2,84 \times 10^{-7}$	$1,83 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$6,53 \times 10^{-5}$
8	$3,14 \times 10^{-7}$	$2,02 \times 10^{-6}$	$1,12 \times 10^{-5}$	$7,23 \times 10^{-5}$
9	$3,26 \times 10^{-7}$	$2,10 \times 10^{-6}$	$1,16 \times 10^{-5}$	$7,50 \times 10^{-5}$
10	$2,91 \times 10^{-7}$	$1,88 \times 10^{-6}$	$1,04 \times 10^{-5}$	$6,71 \times 10^{-5}$
11	$3,04 \times 10^{-7}$	$1,96 \times 10^{-6}$	$1,09 \times 10^{-5}$	$7,00 \times 10^{-5}$
12	$3,36 \times 10^{-7}$	$2,17 \times 10^{-6}$	$1,20 \times 10^{-5}$	$7,74 \times 10^{-5}$
13	$2,89 \times 10^{-7}$	$1,86 \times 10^{-6}$	$1,03 \times 10^{-5}$	$6,65 \times 10^{-5}$
14	$3,17 \times 10^{-7}$	$2,04 \times 10^{-6}$	$1,13 \times 10^{-5}$	$7,30 \times 10^{-5}$
15	$2,92 \times 10^{-7}$	$1,88 \times 10^{-6}$	$1,04 \times 10^{-5}$	$6,72 \times 10^{-5}$
16	$3,01 \times 10^{-7}$	$1,94 \times 10^{-6}$	$1,07 \times 10^{-5}$	$6,93 \times 10^{-5}$
17	$3,22 \times 10^{-7}$	$2,08 \times 10^{-6}$	$1,15 \times 10^{-5}$	$7,41 \times 10^{-5}$
18	$3,28 \times 10^{-7}$	$2,11 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-5}$	$7,55 \times 10^{-5}$
19	$2,82 \times 10^{-7}$	$1,82 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-5}$	$6,49 \times 10^{-5}$
20	$3,02 \times 10^{-7}$	$1,95 \times 10^{-6}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$6,96 \times 10^{-5}$
21	$2,99 \times 10^{-7}$	$1,93 \times 10^{-6}$	$1,07 \times 10^{-5}$	$6,88 \times 10^{-5}$
22	$2,57 \times 10^{-7}$	$1,66 \times 10^{-6}$	$9,19 \times 10^{-6}$	$5,93 \times 10^{-5}$
23	$2,37 \times 10^{-7}$	$1,53 \times 10^{-6}$	$8,46 \times 10^{-6}$	$5,46 \times 10^{-5}$
24	$2,97 \times 10^{-7}$	$1,92 \times 10^{-6}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$6,85 \times 10^{-5}$
25	$2,52 \times 10^{-7}$	$1,62 \times 10^{-6}$	$9,00 \times 10^{-6}$	$5,80 \times 10^{-5}$
26	$2,56 \times 10^{-7}$	$1,65 \times 10^{-6}$	$9,13 \times 10^{-6}$	$5,89 \times 10^{-5}$
27	$3,53 \times 10^{-7}$	$2,28 \times 10^{-6}$	$1,26 \times 10^{-5}$	$8,14 \times 10^{-5}$
28	$3,52 \times 10^{-7}$	$2,27 \times 10^{-6}$	$1,26 \times 10^{-5}$	$8,11 \times 10^{-5}$
29	$3,27 \times 10^{-7}$	$2,11 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-5}$	$7,53 \times 10^{-5}$
Minimum	$1,38 \times 10^{-7}$	$8,89 \times 10^{-7}$	$4,92 \times 10^{-6}$	$3,17 \times 10^{-5}$
Maximum	$3,53 \times 10^{-7}$	$2,28 \times 10^{-6}$	$1,26 \times 10^{-5}$	$8,14 \times 10^{-5}$
Rerata	$2,74 \times 10^{-7}$	$1,76 \times 10^{-6}$	$9,77 \times 10^{-6}$	$6,30 \times 10^{-5}$

Berdasarkan nilai bahaya targetnya, nilai HQ pada orang dewasa berkisar $4,92 \times 10^{-6}$ – $1,26 \times 10^{-5}$ dengan rerata $9,77 \times 10^{-6}$ dan untuk anak-anak adalah $3,17 \times 10^{-5}$ – $8,14 \times 10^{-5}$ dengan rerata $6,30 \times 10^{-5}$. Semua sampel orang dewasa dan anak-anak menunjukkan nilai HQ < 1, mengindikasikan tidak ada risiko non-karsinogenik pada tubuh manusia setelah mengonsumsi *A. granosa*. Hasil penelitian ini relatif sama dengan hasil investigasi pada kerang darah yang dilakukan oleh Agristiyani *et al.*, (2022) dari Jawa Tengah dan juga Sudsandee *et al.*, (2017) di Teluk Thailand, dimana nilai HQ dari dua hasil penelitian tersebut kurang dari 1 (HQ<1).

Apabila dilihat dari nilai risiko kesehatannya, secara umum nilai EWI dan HQ pada anak-anak di penelitian ini relatif lebih tinggi dibanding dengan orang dewasa. Hal ini terjadi mungkin disebabkan oleh faktor berat badan anak-anak lebih rendah dibanding orang dewasa, sehingga proses akumulasi Cu pada tubuh anak-anak relatif lebih tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa potensi risiko non-karsinogenik Cu terhadap usia anak – anak relatif lebih tinggi dibanding usia dewasa. Karenanya, usia anak – anak di penelitan ini harus berhati – hati dalam mengonsumsi kerang darah agar tidak terpapar Cu secara berlebihan dan dapat menyebabkan risiko neurotoksisitas, alzheimer dan parkinson (Pal, 2014).

Secara umum, rendahnya nilai EWI dan HQ di penelitian ini mungkin lebih disebabkan oleh rendahnya daya konsumsi *A. granosa* di Kota Samarinda yakni hanya 12,71 gram/hari (BPS, 2023). Temuan ini berbanding terbalik dengan jumlah konsumsi ikan di Kalimantan Timur pada tahun 2022 yakni bisa mencapai 54,4 kg/kapita (Kaltimprov, 2022). Akibatnya, paparan logam Cu yang terdapat pada kerang relatif kecil pada saat masuk ke tubuh konsumen. Hal ini sesuai dengan hasil investigasi yang dilakukan oleh Amiard *et al.*, (2008) dan Salsabila *et al.*, (2024) bahwa sejumlah variabel, termasuk berat badan rata-rata, umur, gaya hidup, dan teknik memasak makanan, dapat berkontribusi pada penurunan risiko kesehatan akibat paparan logam. Selain faktor daya konsumsi, adanya faktor detoksifikasi dan ekskresi juga dapat mengurangi akumulasi logam Cu dan mengurangi terjadinya risiko kesehatan pada tubuh manusia. Sebagai contoh, hasil investigasi yang dilakukan Bost *et al.*, (2016), menemukan bahwa konsentrasi Cu pada tinja (*feses*) dan air kencing (*urine*) manusia berkisar 10 - 25 µg/hari.

KESIMPULAN

Konsentrasi logam berat Cu pada *A. granosa* yang dikumpulkan dari pasar tradisional kota Samarinda berkisar 0,10 – 0,27 µg/g dengan rerata $0,20 \pm 0,05$ µg/g berat basah. Konsentrasi Cu pada *A. granosa* lebih rendah dari baku mutu untuk bahan pangan manusia berdasarkan Ditjen POM No.03725/B/SK/1989. Ukuran panjang dan berat berhubungan dengan proses akumulasi logam Cu pada tubuh *A. granosa*. Nilai risiko kesehatan menunjukan seluruh nilai EWI baik orang dewasa dan anak – anak masih lebih rendah dari PTWI. Nilai HQ pada orang dewasa dan anak-anak menunjukkan kurang dari satu (HQ<1), menunjukkan bahwa tidak adanya risiko kesehatan non-karsinogenik untuk jangka panjang pada tubuh manusia setelah mengonsumsi *A. granosa*. Perlu dilakukan penelitian secara berkala (biomonitoring) di beberapa lokasi yang berbeda di wilayah Delta Mahakam. Selain itu, beberapa analisis logam non-esensial (Hg, As Pb, Cd dan Ni) pada *A. granosa* perlu dilakukan untuk mendapatkan data logam yang lebih beragam dan menggambarkan kondisi lingkungan yang sebenarnya di Delta Mahakam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adyasari, D., Pratama, M.A., Teguh, N.A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M.A., Dimova, N., & 2021. Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 171: 112689. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112689.
- Agristiyani, N., Suprijanto, J., & Ario, R. 2022. Asupan aman konsumsi logam Cu pada kerang darah dari tempat pelelangan ikan Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1): 71–76. DOI: 10.14710/buloma.v11i1.37143.

- Ameliana, Ghitara, & Suryana, I. 2018. Analisis kandungan Pb, Cd, dan Cu pada berbagai ukuran kerang darah (*Anadara granosa*) di Muara Pantuan Kecamatan Anggana Kabupaten Kutai Kartanegara. *Aquarine*, 5: 22–29.
- Amiard, J.-C., Amiard-Triquet, C., Charbonnier, L., Mesnil, A., Rainbow, P.S., & Wang, W.-X. 2008. Bioaccessibility of essential and non-essential metals in commercial shellfish from Western Europe and Asia. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2010–2022. DOI: 10.1016/j.fct.2008.01.041.
- Andini, A.D., Paputungan, M.S., Suryana, I., & Ritonga, I.R. 2024. Konsentrasi kadmium (Cd) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dari beberapa pasar tradisional di Kota Samarinda dan potensi risikonya terhadap kesehatan manusia. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(3): 351–362. DOI: 10.14710/buloma.v13i3.63526.
- Asante-Duah, K. 2017. *Public health risk assessment for human exposure to chemicals*, second edition. Springer, Washington, DC, USA. DOI: 10.1007/978-94-024-1039-6.
- Bhara, A.M., Meye, E.D., & Kamlasi, Y. 2018. Analysis of bivalves content consumed in the coastal coast of Arubara, Ende. *Jurnal Biotropikal Sains*, 15: 38–48.
- Bost, M., Houdart, S., Oberli, M., Kalonji, E., Huneau, J.F., & Margaritis, I. 2016. Dietary copper and human health: current evidence and unresolved issues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 35: 107–115. DOI: 10.1016/j.jtemb.2016.02.006.
- BPS. 2023. Angka harapan hidup (AHH) menurut provinsi dan jenis kelamin (tahun), 2020–2022. *Badan Pusat Statistik*. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NTAxIzl=/angka-harapan-hidup--ahh--menurut-provinsi-dan-jenis-kelamin--tahun-.html>
- Darlan, Y., Kamiluddin, U., & Arifin, L. 2009. Analisis sedimen dan perubahan kondisi lingkungan: daerah kasus Delta Mahakam Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Kelautan*, 7: 23–29.
- DITJEN POM. 1989. Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawas Obat dan Makanan Nomor 03725/B/SK/VII/1989 tentang batas maksimum cemaran logam berat makanan. Jakarta.
- Hariyoto, D.F. 2021. Akumulasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), seng (Zn) dan merkuri (Hg) di perairan beserta dampaknya bagi produk perikanan dan kesehatan manusia. *Buletin Matric*, 18: 52–55.
- Effendi, H., Kawaroe, M., Mursalin, & Lestari, D.F. 2016. Ecological risk assessment of heavy metal pollution in surface sediment of Mahakam Delta, East Kalimantan. *Procedia Environmental Sciences*, 33: 574–582. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.03.110.
- Irawati, Y., Lumbanbatu, D.T., & Sulistiono, S. 2018. Logam berat kerang totok (*Geloina erosa*) di timur Segara Anakan dan barat Sungai Donan, Cilacap. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2): 233. DOI: 10.17844/jphpi.v21i2.22843.
- JECFA. 2010. Summary and conclusions of the seventy-third meeting of the JECFA. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Tersedia pada: <https://www.fao.org/3/at862e/at862e.pdf>
- Kaltimprov. 2022. Data konsumsi ikan Provinsi Kalimantan Timur tahun 2016–2021. *Kelautan dan Perikanan dalam Angka*. Diakses 7 Juli 2024 dari: <https://kkp.go.id/setjen/satudata/page/1453-kelautan-dan-perikanan-dalam-angka>
- Lestari, P., & Trihadiningrum, Y. 2019. The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 149: 110505. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110505.
- Loga, M.C.N.A.I., & Kambuno, N.T. 2014. Analisis cemaran logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dalam tepung terigu dengan metode spektrofotometri serapan atom. *Jurnal Info Kesehatan*, 12: 509–605.
- Pal, A. 2014. Copper toxicity induced hepatocerebral and neurodegenerative diseases: an urgent need for prognostic biomarkers. *NeuroToxicology*, 40: 97–101. DOI: 10.1016/j.neuro.2013.12.001.
- Pratiwi, Y.D. 2020. Dampak pencemaran logam berat (timbal, tembaga, merkuri, kadmium, krom) terhadap organisme perairan dan kesehatan manusia. *Jurnal Akuatek*, 1: 59–65.
- Putri, W.A.E., & Anggraini, N. 2022. Akumulasi logam berat (Cu dan Pb) pada kerang darah *Anadara granosa* yang berasal dari perairan Muara Sungai Musi. *Jurnal Penelitian Sains*,

- 24(1): 24. DOI: 10.56064/jps.v24i1.678.
- Rahma, S., Hariani, N., & Sudrajat. 2016. Analisa kandungan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang terdapat pada kerang darah (*Anadara granosa*) di perairan Muara Badak. *Bioprospek*, 11: 61–67.
- Rahmah, S. 2019. Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada sedimen dan kerang darah (*Anadara granosa* Linn, 1758) di perairan Pulau Pasaran, Kota Bandar Lampung. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 6(1): 22–27. DOI: 10.29103/aa.v6i1.887
- Ritonga, I.R., & Budiarsa, A.A. 2022. Survei tingkat konsumsi ikan laut di Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 5: 664–673.
- Ritonga, I.R., Effendi, M., & Hamdhani, H. 2018. Analisis risiko kesehatan pencemaran logam berat pada tiram (*Saccostrea cucullata*) di pesisir Salo Palai, Provinsi Kalimantan Timur. *Enggano*, 3: 241–249. DOI: 10.31186/jenggano.3.2.241-249
- Salsabila, N., Suprijanto, J., & Ridlo, A. 2024. Analisis kadar Pb dan Cu pada kerang hijau budidaya di Tambak Lorok serta analisis risiko kesehatan konsumsi untuk manusia. *Journal of Marine Research*, 13: 347–354.
- Sudsandee, S., Tantrakarnapa, K., Tharnpoophasiam, P., Limpanont, Y., Mingkhwan, R., & Worakhunpiset, S. 2017. Evaluating health risks posed by heavy metals to humans consuming blood cockles (*Anadara granosa*) from the Upper Gulf of Thailand. *Environmental Science and Pollution Research*, 24: 14605–14615. DOI: 10.1007/s11356-017-9014-5
- Suyatna, I., Sulistyawati, Adnan, A., Syahrir, M., Ghitarina, G., Abdunnur, A., & Saleh, S. 2017. Heavy metal levels in water and fish samples from coastal waters of Mahakam Delta, Kutai Kartanegara District, East Kalimantan, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10: 1319–1329.
- Syaifullah, M., Candra, Y.A., Soegianto, A., & Irawan, B. 2018. Kandungan logam berat non esensial (Pb, Cu, Hg) dan logam esensial (Cu, Cr dan Zn) pada sedimen di perairan Tuban, Gresik dan Sampang, Jawa Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1): 69. DOI: 10.21107/jk.v11i1.4497
- USEPA. 2011. *Exposure factors handbook: 2011 edition*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.
- USEPA. 2023. *Regional screening levels (RSLs): user's guide*. U.S. Environmental Protection Agency.
- Yulianto, B., Oetari, P.S., Febrihardi, S., Putranto, T.W.C., & Soegianto, A. 2019. Heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn) concentrations in edible bivalves harvested from northern coast of Central Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 259: 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/259/1/012005
- Yurimoto, T., Kassim, F.M., Fuseya, R., Matsuoka, K., & Man, A. 2021. Food availability estimation of the blood cockle, *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), from the aquaculture grounds of the Selangor Coast, Malaysia. *International Journal of Aquatic Biology*, 9(2): 88–96. DOI: 10.22034/ijab.v9i2.1113