

# Risk Analysis of Lead (Pb) in *Anadara granosa* from the Waters of North Penajam Paser

Muhammad Ikhsan Saputra<sup>1</sup>, Nurfadilah<sup>1</sup>, Irwan Ramadhan Ritonga<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur, Indonesia;

<sup>2</sup>Oceanography and Engineering Laboratory, Integrated Laboratory, Mulawarman University, East Kalimantan Timur, Indonesia;

## Article History

Received : September 26<sup>th</sup>, 2025

Revised : October 05<sup>th</sup>, 2025

Accepted : October 13<sup>th</sup>, 2025

\*Corresponding Author: **Irwan Ramadhan Ritonga**, Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia;  
Email: [ritonga\\_irwan@unmul.ac.id](mailto:ritonga_irwan@unmul.ac.id)

**Abstract:** Blood clam (*Anadara granosa*), a widely consumed filter-feeder in the coastal waters of Babulu Laut, East Kalimantan, has a high potential to accumulate lead (Pb) from its environment. This study aimed to determine the concentration of Pb in *A. granosa* and assess the potential health risks to humans associated with the consumption of *A. granosa*. A total of 45 *A. granosa* were caught by local fishermen. Each mussel was measured for length, destroyed using an acid method, and analysed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results of the study found that Pb concentrations ranged from 0.114 to 0.148 mg/kg dry weight. The Pb concentration in mussels was still below the maximum limit permitted by the Indonesian National Standard (SNI 7387:2009). The health risk assessment results found that the EDI value was relatively lower than the PTWI and the HQ value was lower than 1, indicating that there was not non-carcinogenic risk to consumers. Furthermore, the average cancer risk (TR) to consumers, including adults, adolescents and children, was low. Even though the Pb concentration was below the quality threshold, consumers may still need to be cautious about consuming *A. granosa* sourced from the coastal waters of Babulu Laut.

**Kata Kunci:** *Anadara granosa*, lead, metal, risk.

## Pendahuluan

Provinsi Kalimantan Timur, khususnya Desa Babulu, Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU) merupakan salah satu wilayah yang memiliki sumberdaya perikanan dan kelautan. Desa ini menempati posisi penting sebagai salah satu sentra penghasil utama kerang darah (*Anadara granosa*) di PPU, dengan produksi mencapai 1,5 ton pada tahun 2023 (Izak & Zakaria, 2023). Sebagai *filter feeder*, *A. granosa* dikenal sebagai bioindikator yang efektif untuk logam berat di perairan (Tantri *et al.*, 2021). Sifat inilah yang menjadi paradigma, di satu sisi kerang ini merupakan sumber pangan bernutrisi tinggi bagi tubuh manusia seperti protein (10 - 12%), karbohidrat (0,14 - 0,15%), lemak (1%), air (70 - 80%) dan abu (2%) (Permata *et al.*, 2023) dan disukai masyarakat Babulu Laut.

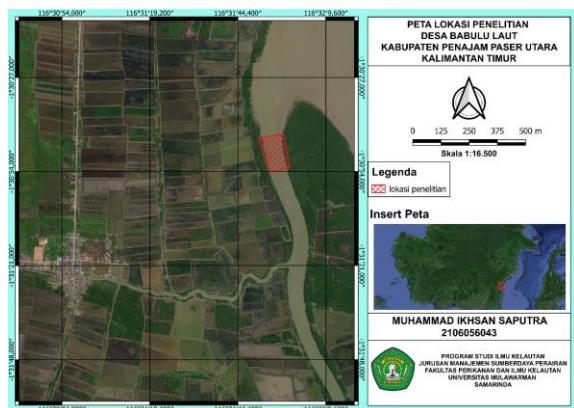
Namun, di sisi lain, kerang ini berpotensi mengakumulasi kontaminan berbahaya seperti Timbal (Pb). Logam Pb, yang memasuki perairan dari aktivitas industri, transportasi, dan domestik (Collin *et al.*, 2022) dapat terbioakumulasi dalam tubuh kerang melalui berbagai jalur (Linda *et al.*, 2022). Konsumsi kerang yang terkontaminasi Pb secara terus-menerus berisiko menimbulkan dampak toksikologis serius pada tubuh konsumen jika dikonsumsi secara terus - menerus, seperti gangguan pada sistem saraf, ginjal, dan reproduksi (Collin *et al.*, 2022; Rzymiski *et al.*, 2015; Sanders *et al.*, 2019). Mengingat tingginya konsumsi dan nilai ekonomis *A. granosa* di daerah tersebut, maka investigasi untuk menentukan tingkat kontaminasi Pb pada kerang dari perairan Babulu Laut menjadi sangat mendesak untuk menghindari paparan Pb pada tubuh manusia.

Dasarnya, data tentang kadar Timbal (Pb) pada *A. granosa* dari Perairan Babulu Laut masih sangat minim, padahal kawasan ini memiliki aktivitas yang berpotensi menyebabkan kontaminasi. Mayoritas penelitian tentang Pb justru berfokus di wilayah Delta Mahakam (Ameliana *et al.*, 2018; Handayani *et al.*, 2020) dan Teluk Balikpapan, mencakup studi pada perairan (Dewi *et al.*, 2018) sedimen (Ashar *et al.*, 2025) dan biota (Sitorus *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk menentukan konsentrasi Pb dalam daging *A. granosa*, dan menganalisis tingkat risiko kesehatan yang mungkin timbul akibat konsumsi kerang tersebut di masa depan.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan lokasi pengambilan sampel

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2024 sampai bulan April 2025. Titik pengambilan sampel *A. granosa* dilakukan oleh nelayan lokal di Desa Babulu laut, Kabupaten Penajam Paser Utara, Propinsi Kalimantan Timur (Gambar 1).



**Gambar 1.** Titik Lokasi Pengambilan Sampel *A. granosa*

### Alat dan bahan

Alat penelitian ini adalah pisau *stainless*, *cutting mat*, *aluminium foil*, *oven*, mortar dan alu, timbangan analitik, cawan porselin keramik, *furnace*, *hotplate*, labu ukur, botol kaca, botol plastik, *spatula*, *beaker*, *Whatman No. 41*, dan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) tipe iCE 3000*. Sedangkan bahan yang digunakan di penelitian ini terdiri dari Asam Nitrat ( $\text{HNO}_3$  65%), Asam klorida ( $\text{HCl}$  6N),

Aquades, amonium dihidrogen fosfat ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), Larutan Standar Pb (100 ppm & 10 ppm) dan sampel Kerang Darah (*A. granosa*).

### Pengambilan dan Preparasi *A. granosa*

Metode penelitian yang digunakan di penelitian ini adalah metode survei. Sedangkan teknik pengambilan sampel *A. granosa* menggunakan metode *purposive sampling* di perairan Babulu Laut. Lokasi ini dipilih berdasarkan adanya dugaan masukan limbah Pb dari beberapa aktifitas manusia (antropogenik) dari daratan dan faktor kemudahan dari pengambilan sampel kerang di lokasi sampling.

Total, 45 sampel kerang yang diambil dengan menggunakan tangan (*by hand*) oleh nelayan. Selanjutnya, sampel kerang disimpan ke *coolbox* dan dibawa ke laboratorium Oseanografi, Integrated Laboratory, Universitas Mulawarman (UNMUL) untuk penanganan lebih lanjut. Beberapa hari kemudian, semua sampel kerang dibedakan berdasarkan interval kelas dari data ukuran kerang yang sudah didapatkan berdasarkan Sekarwardhani *et al.*, (2022) yang telah dimodifikasi. Hasil tangkapan didapatkan yakni ukuran kecil dengan panjang cangkang 1,8 - 2,6 cm, sedang (2,7-3,5 cm), dan besar (3,6 - 4,4 cm) masing – masing 15 ekor. Kemudian, masing-masing cangkang kerang dibuka menggunakan pisau *stainless* dan daging kerang dimasukkan ke dalam plastik klip yang telah diberi kode sebelumnya.

Preparasi sampel daging kerang dilakukan dengan metode destruksi kering (*dry weight*). Sebelum destruksi, kerang bagian luar dibersihkan menggunakan akuades. Masing masing kerang diukur berdasarkan ukuran morfometriknya seperti panjang (cm) dan berat (g). Setelahnya, cangkang kerang dibuka menggunakan pisau *stainless*, diambil dagingnya dihomogenkan, ditimbang dan dimasukkan ke dalam *aluminium foil* yang sudah diberi kode sampel sebelumnya. Proses pengeringan sampel kerang dilakukan menggunakan oven bersuhu ( $85\text{-}90^\circ\text{C}$ ) selama  $\pm 72$  jam. Setelahnya, sampel dihomogenkan menggunakan mortar dan alu sampai halus.

Proses destruksi asam di penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, FPIK UNMUL dengan mengikuti proses yang telah dilakukan oleh Astuti dan Atifah (2024) yang

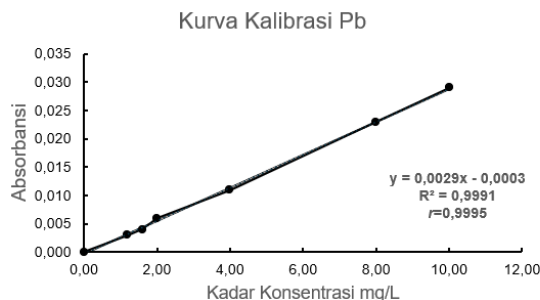
telah dimodifikasi yakni sampel kerang ditimbang sebanyak  $\pm 0,5$  gr, lalu masukkan sampel ke dalam wadah cawan porselin keramik yang telah diberi tanda sebelumnya agar sampel tidak tertukar. Kemudian cawan dimasukkan ke dalam *furnace* selama  $\pm 18$  jam ( $450^\circ\text{C}$ ). Masing – masing sampel kerang ditambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  65% sebanyak 1 ml dan dipanaskan di *hotplate* hingga kering. Kemudian, sampel dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu  $450^\circ\text{C}$  selama  $\pm 5$  jam. Selanjutnya, 5 ml  $\text{HCl}$  6N ditambahkan dan dipanaskan hingga kering, dan dilanjutkan dengan penambahan 10 ml  $\text{HNO}_3$  0,1 M dan 1 ml larutan  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ . Sampel dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml dan diencerkan hingga tanda batas dengan  $\text{HNO}_3$  0,1 M. Setelah disaring menggunakan kertas *Whatman No. 41*, larutan disimpan dalam botol kaca gelap berlabel. Analisis kadar Pb di penelitian ini dilakukan menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* tipe iCE 3000 dengan panjang gelombang 217,0 nm. Hasil analisis konsentrasi Pb di penelitian ini menggunakan berat kering (*dry weight*).

### Kualitas Kontrol

Kualitas kontrol dilakukan dengan merendam semua peralatan seperti cawan keramik dan membilas alat-alat yang dipakai dalam proses mendestruksi seperti labu ukur, botol kaca, botol plastik, spatula, dan *beaker* menggunakan larutan  $\text{HNO}_3$  65% yang telah dicampur aquades yaitu perbandingan 1:9 liter. Tujuan dari prosedur ini adalah untuk meminimalkan risiko kontaminasi silang selama destruksi dan analisis Pb. Selain itu, pembuatan larutan standar juga dilakukan sebelum analisis logam dimulai. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) dari kurva kalibrasi di penelitian sebesar 0,99. Kemudian persamaan hubungan absorbansi ( $y$ ) dan kadar konsentrasi ( $x$ ) pada larutan standar Timbal (Pb) adalah  $y = 0,0029x - 0,0003$ .

Hasil analisis menemukan bahwa persen hasil pemulihan (*% recovery*) untuk logam Pb di penelitian ini mulai dari 90 sampai 110% dengan rerata 104%. Kemudian, nilai *Relative Percentage Difference (RPD)* di penelitian ini adalah kurang dari 10% ( $\text{RPD} < 10\%$ ). Temuan ini mengindikasikan bahwa metode destruksi

dan analisis yang digunakan di penelitian ini memiliki hasil akurasi yang baik.



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Pb

### Analisis Risiko Kesehatan

Terdapat beberapa pendekatan yang dilakukan untuk mengkaji risiko kesehatan dari logam Pb ditubuh manusia, seperti EWI, HQ dan TR. Hal ini dilakukan untuk menentukan risiko kesehatan terhadap tubuh manusia akibat paparan Pb yang bersifat karsinogenik dan non-karsinogenik.

#### Perhitungan Estimasi Asupan Mingguan (EWI)

Estimasi Asupan Mingguan (mg/kg berat badan perminggu) dilakukan untuk menilai seberapa banyak asupan Pb yang masuk ke tubuh konsumen baik dewasa (laki-laki dan Perempuan), remaja serta anak-anak (Hasanein *et al.*, 2022). Perhitungan estimasi asupan mingguan (EWI) yang digunakan pada persamaan 1.

$$EWI = \frac{Cm \times FIR}{BW} \times 7 \quad (1)$$

Keterangan :

EWI : Asupan Mingguan (mg/kg)

Cm : Konsentrasi Pb (mg/kg) berat kering

FIR : Rata-rata konsumsi kerang sebesar 13 gram/minggu (BPS Provinsi Kalimantan Timur, 2022)

BW : Estimasi rerata berat badan anak-anak (23,3 kg), remaja (49 kg) dan dewasa (60kg) (Muljati *et al.*, 2016).

#### Perhitungan Target Bahaya (HQ)

Perhitungan Target Bahaya (HQ) digunakan untuk menentukan risiko kesehatan manusia yaitu non-karsinogenik akibat mengkonsumsi kerang darah yang telah terpapar Pb. Rumus yang digunakan untuk menentukan

nilai HQ di penelitian ini mengikuti persamaan USEPA (2000) 2.

$$HQ = \frac{Cm \times EF \times ED \times FIR}{RfD \times BW \times AT} \times 10^{-3} \quad (2)$$

Keterangan :

HQ : Target Bahaya

EF : Paparan frekuensi Pb dalam 1 tahun (365 hari)

ED : Rerata durasi paparan Pb (71,3 tahun) pada kosumen tahun 2020 menurut WHO (2016).

RfD : Referensi dosis Pb berat per-individu (Pb = 0,004 mg/kg/minggu) berdasarkan tingkat skrining regional (USEPA, 2023).

AT : Rata-rata waktu paparan Pb (365 hari/tahun x 71,3 tahun).

Nilai HQ kurang dari satu (HQ <1), maka dianggap tidak menimbulkan risiko kesehatan non-karsinogenik bagi manusia. Sebaliknya, jika nilai HQ dari satu (HQ >1), maka ada kemungkinan adanya risiko kesehatan non-karsinogenik bagi tubuh manusia (Tanhan *et al.*, 2023).

#### Nilai Potensi Efek Karsinogenik (Risiko Kanker)

Dikarenakan Pb merupakan salah satu logam karsinogenik (penyebab kanker), maka potensi risiko kanker (TR) digunakan untuk menghitung potensi kanker bagi konsumen kerang mengandung Pb yang tinggi secara terus menerus. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung TR menggunakan persamaan USEPA (2000) 3.

$$TR = \frac{Cm \times EF \times ED \times FIR \times Sf}{BW \times AT} \times 10^{-3} \quad (3)$$

Keterangan :

TR : Potensi Terkena Kanker

Sf : Slope factor Pb = 0,005 mg/kg (Handayani *et al.*, 2022)

Nilai TR hasil perhitungan dibandingkan dengan berbagai kategori risiko kesehatan konsumen yang terpapar zat karsinogenik. Nilai TR dihitung  $\leq 10^{-6}$  menunjukkan lemah;  $10^{-4} - 10^{-3}$  menunjukkan sedang; dan  $10^{-1}$  menunjukkan sangat tinggi (DOH, 2007).

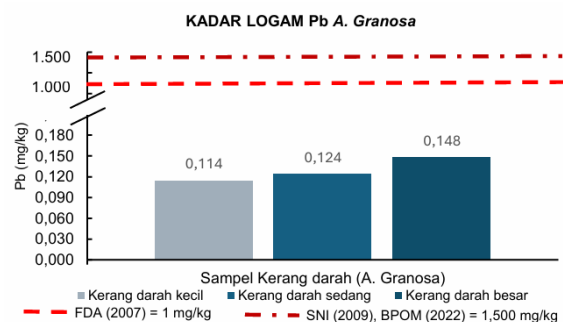
## Analisis Statistik

Semua data hasil analisis dipenelitian ini diolah menggunakan *Software Microsoft Office Excel*. Semua hasil analisis berupa gambar jelaskan secara deskriptif (minimum, maksimum, rerata, standard deviasi).

## Hasil dan Pembahasan

### Kandungan Pb pada *A.granosa*

Hasil analisis, ditemukan bahwa rata-rata kadar Pb yang terkandung di dalam *A. granosa* berkisar 0,114 - 0,148 mg/kg dengan rerata  $0,129 \pm 0,017$  mg/kg (gambar 3). Adanya Pb pada *A. granosa* di penelitian ini mungkin ada kaitannya banyaknya aktifitas manusia di sekitar lokasi sampling. Selain itu, telah diketahui secara umum bahwa kerang ini merupakan salah organisme perairan yang bersifat *filter feeder* dari lingkungannya (Tantri *et al.*, 2021). Menurut Kunda *et al.*, (2024) bahwa insang, kulit, dan usus adalah organ penting pada kerang darah yang mengumpulkan logam berat, dengan insang sebagai tempat utama proses akumulasi Pb. Hal ini didukung dari karakteristik kerang darah sebagai *filter feeder* yang menetap di substrat perairan dangkal dan dapat menyerap Pb dari lingkungannya melalui proses absorpsi air, partikel, dan makanannya berupa bahan organik dan plankton (Effendi *et al.*, 2025).



Gambar 3. Kadar Pb pada *A. granosa*

Selain itu, adanya hemoglobin yang terdapat pada tubuh kerang darah yang bisa menghasilkan cairan merah dan berdampak terhadap jumlah logam Pb yang terakumulasi di dalam tubuhnya termasuk pada saat makan (Hossain *et al.*, 2023). Ketika makanan yang terpapar logam Pb masuk ke dalam tubuh kerang, partikel logam tersebut ikut terserap ke dalam tubuh kerang. Akibatnya semakin banyak

makanan yang dimakan, semakin banyak logam yang masuk ke tubuh kerang (Effendi *et al.*, 2025).

Berdasarkan lokasinya, pengambilan sampel *A. granosa* dilakukan sekitar muara sungai Babulu Laut, Paser Penajam Utara. Lokasi ini merupakan salah satu jalur nelayan untuk kegiatan penangkapan ikan, dan juga akses untuk kegiatan budidaya kerang dan aktivitas lainnya. Walaupun lokasi sampling cukup jauh dari Teluk Balikpapan sebagai salah satu wilayah yang diduga sebagai sumber limbah Pb dari aktifitas manusia seperti pelabuhan, industri, pemukiman penduduk, perikanan, pertanian, transportasi laut, bengkel kapal (Meilana *et al.*, 2024; Sahri *et al.*, 2021; Suyatna *et al.*, 2019; Syafira *et al.*, 2023; Widiawan, 2021). Namun, efek limbah yang ditimbulkan dari aktivitas manusia (antropogenik) di wilayah tersebut dapat terdistribusi ke lokasi penelitian ini akibat adanya pengaruh musim, arus, gelombang dan pasang surut (Liu *et al.*, 2023).

Secara umum, kadar Pb pada *A. granosa* di penelitian ini masih rendah dari batas maksimum zat pencemar Pb dalam batas pangan khususnya kekerangan dan hasil olahannya yang direkomendasikan *Food And Drug Administration* (FDA) dengan 1,00 mg/kg (FDA, 2009), Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dengan 1,50 mg/kg (SNI, 2009; dan BPOM RI, 2022). Temuan ini mengindikasikan *A. granosa* yang berasal dari perairan Babulu Laut, kabupaten Penajam Paser Utara masih relatif aman untuk dikonsumsi oleh manusia.

#### Akumulasi Pb pada *A. granosa*

Berdasarkan ukurannya, kadar Pb tertinggi terdapat pada ukuran besar 0,148 mg/kg, diikuti oleh ukuran sedang 0,124 mg/kg. Sedangkan kadar Pb terendah pada *A. granosa* ukuran kecil memiliki nilai kandungan 0,114 mg/kg (Gambar 3). *A. granosa* berukuran sedang memiliki nilai yang cukup signifikan dan berada di tengah-tengah ukuran kerang kecil dan kerang besar. Oleh karena itu, mengindikasikan bahwa semakin besar ukuran *A. granosa*, maka semakin tinggi akumulasi Pb di tubuhnya. Temuan ini berbanding terbalik dengan dengan hasil investigasi yang dilakukan oleh Ameliana *et al.*, (2018) dan Handayani *et al.*, (2020)

bahwa *A. granosa* yang memiliki ukuran lebih kecil cenderung memiliki kandungan Pb yang relatif tinggi dibanding ukuran besar. Semakin besar ukuran kerang, maka semakin baik kemampuannya dalam mengeliminasi Pb dari tubuhnya (Ameliana *et al.*, 2018; Rahmah, 2019). Karenanya diharapkan para konsumen di desa Babulu Laut PPU harus berhati – hati untuk mengkonsumsi *A. granosa* dengan ukuran yang lebih besar. Hal ini perlu dilakukan untuk menghindari paparan Pb yang lebih besar pada tubuh manusia.

#### Perbandingan Kadar Logam Pb

Jika dibandingkan, kadar Pb pada daging *A. granosa* yang ditangkap di perairan Babulu Laut ( $0,129 \pm 0,017$  mg/kg) relatif lebih rendah dibandingkan dari beberapa daerah lainnya. Sebagai contoh, konsentrasi Pb hasil penelitian *A. granosa* oleh Ameliana *et al.*, (2018) dari Delta Mahakam dan dan Putri dan Anggraeni (2022) dengan rerata masing masing 0,65 dan 2,65 mg/kg dari muara Sungai Musa, Palembang. Kemudian, Linda *et al.*, (2022) yang menemukan kadar Pb yang berasal dari Perairan Sedanau Kabupaten Natuna Kepulauan Riau berkisar 0,243 mg/kg. Kemudian, konsentrasi Pb pada *A. granosa* yang berasal dari beberapa lokasi di Jawa Timur Jawa mulai dari 0.10 – 0,54 mg/kg (Soegianto *et al.*, 2020).

Adapun nilai Pb yang cukup tinggi dibanding hasil temuan di penelitian dari Perairan Muara Sungai Musi Provinsi Sumatra Selatan berkisar 2,41-2,85 mg/kg (Putri & Anggraini, 2022). Hasil penelitian Rahma, *et al.*, (2016) menemukan kadar Pb dalam kerang darah yang terdapat di daerah jalur transportasi nelayan yang menggunakan bahan bakar oli, dan bensin di Perairan Muara Badak berkisar 0,201-0,258 mg/kg, Amriarni *et al.*, (2012) konsentrasi Pb dalam kerang darah yang berasal dari Perairan Teluk Kendari berkisar 0,747-1,750 mg/kg, Tanjung Jabung Timur, Jambi berkisar 1,24 mg/kg yang disebabkan oleh limbah pabrik Lisna *et al.*, (2023). Kemudian, hasil penelitian Khairuddin & Yamin, (2021) menemukan bahwa kerang darah di Teluk Bima (0,756 mg/kg) mungkin disebabkan adanya kegiatan industri dan bahan bakar. Beberapa penyebab bervariasinya konsentrasi Pb pada *A. granosa* di beberapa lokasi penelitian ini mungkin lebih dikarenakan adanya perbedaan

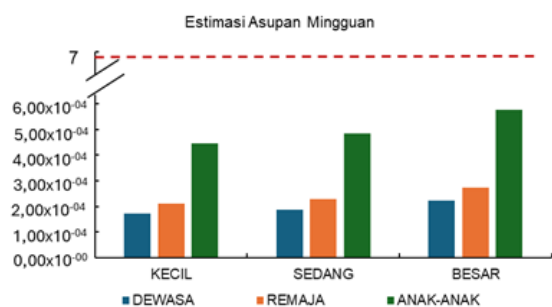
lokasi, sumber pencemar, jumlah sampel kerang yang diteliti, hidro-oseanografi seperti arus, gelombang, pasang surut perairan (Kunda *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2023; Meilana *et al.*, 2024; Sahri *et al.*, 2021; Syafira *et al.*, 2023).

### Analisis Resiko Kesehatan

Penelitian risiko kesehatan digunakan untuk menghitung perkiraan Estimasi Asupan Mingguan (EWI), Perhitungan Target Bahaya (HQ), dan Nilai Potensi Efek Karsinogenik (TR) terhadap nilai kadar akumulasi Pb pada orang dewasa, remaja dan anak-anak.

#### Estimasi Asupan mingguan (EWI)

Estimasi Asupan Mingguan (EWI) Pb pada kerang darah pada orang dewasa mulai dari  $1,73 \times 10^{-4}$  sampai  $2,24 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu dengan rerata  $1,95 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu. Namun (EWI) Pb kerang darah pada remaja berkisar  $2,12 \times 10^{-4}$  –  $2,74 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu dengan rerata  $2,39 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu. Kemudian untuk EWI pada anak-anak mulai dari  $2,12 \times 10^{-4}$  sampai  $2,74 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu dengan rerata  $2,39 \times 10^{-4}$  mg/kg berat badan/minggu. Jika dibandingkan nilai EWI pada dewasa, remaja dan anak-anak, anak-anak yang relatif lebih tinggi dibandingkan dewasa dan remaja (Gambar 4).



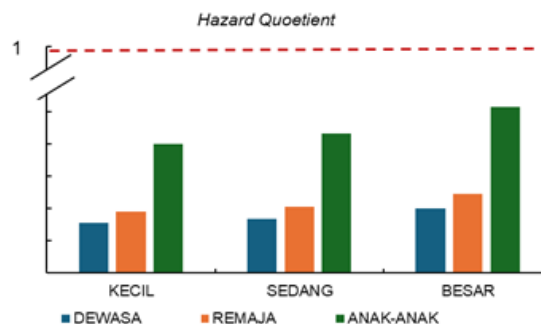
**Gambar 4.** Nilai EWI pada konsumen. Garis putus-putus yaitu nilai aman konsumsi *A. granosa*

Tingginya nilai EWI di penelitian ini mengindikasikan bahwa usia anak-anak paling berisiko terhadap keracunan Pb di penelitian ini. Hal ini terjadi mungkin disebabkan tubuh mereka menyerap lebih banyak dan rentan terhadap efeknya dibandingkan remaja, dan orang dewasa (Salsabilla *et al.*, 2020). Selain itu, efek samping dari Pb juga dapat mengganggu perkembangan kognitif dan intelektual pada

anak-anak serta sekaligus meningkatkan tekanan darah dan penyakit kardiovaskular pada orang dewasa (Giandomenico *et al.*, 2016). Secara umum nilai EWI pada orang dewasa, remaja dan anak-anak di penelitian ini relatif lebih rendah dari ambang batas asupan mingguan sementara yang dapat ditoleransi (PTWI) berdasarkan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)* dengan nilai 7 mg/kg berat badan/minggu. Nilai EWI pada kerang darah penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil EWI pada kerang darah yang ditemukan oleh Soegianto *et al.*, (2020) antara 1,85 – 13,29 mg/kg/minggu di beberapa wilayah di Jawa Timur.

#### Perhitungan Target Bahaya (HQ)

Nilai HQ orang dewasa  $6,18 \times 10^{-6}$  –  $8,00 \times 10^{-6}$  dengan rerata  $6,96 \times 10^{-6}$ . HQ pada usia remaja berkisar  $7,57 \times 10^{-7}$  –  $9,79 \times 10^{-6}$  dengan rerata  $8,52 \times 10^{-6}$  dan nilai HQ anak-anak mulai dari  $1,59 \times 10^{-5}$  sampai  $2,06 \times 10^{-5}$  dengan rerata berkisar  $1,79 \times 10^{-5}$  (Gambar 5). Secara umum, nilai HQ pada gambar 5 menunjukkan bahwa semua nilai HQ baik pada dewasa, remaja dan anak – anak masih di bawah 1 ( $HQ < 1$ ). Temuan ini mengindikasikan bahwa mungkin tidak terdapat efek non-karsinogenik untuk semua konsumen. Namun, anak – anak harus tetap berhati-hati, dikarenakan nilai HQ pada anak – anak relatif lebih tinggi dibanding remaja dan dewasa. Oleh sebab itu, anak – anak masih rentan terhadap paparan logam Pb di penelitian ini.



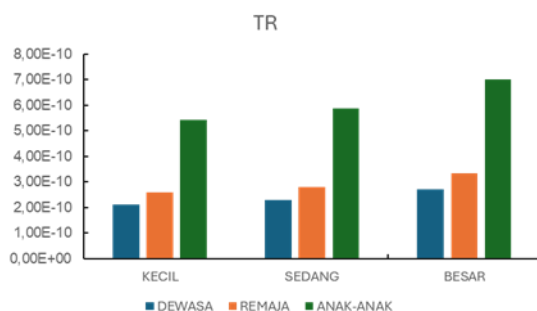
**Gambar 5.** Nilai HQ pada konsumen. Garis putus-putus yaitu nilai aman konsumsi *A. granosa*

Secara umum, tingginya risiko non karsinogenik (HQ) pada anak – anak di penelitian ini mungkin di pengaruhi oleh tingginya asupan Pb mingguan (EWI) yang masuk ke tubuh mereka. Secara umum, nilai HQ

di penelitian ini relatif sama dengan hasil HQ logam Pb pada kerang darah yang dilakukan oleh *Ishak et al.*, (2016) di koala selangor Malaysia menemukan nilai HQ pada dewasa, remaja, dan anak – anak masing-masing kurang dari 1 (HQ<1).

#### Nilai Potensi Efek Karsinoganik (Risiko Kanker)

Nilai risiko kanker (TR) pada orang dewasa mulai dari  $2,10 \times 10^{-10}$  sampai  $2,72 \times 10^{-10}$  dengan rerata  $2,37 \times 10^{-10}$ . Namun TR remaja berada diantara  $2,57 \times 10^{-10}$  dan  $3,33 \times 10^{-10}$  dengan rerata  $2,90 \times 10^{-10}$ . Kemudian, nilai TR untuk anak-anak mulai dari  $5,41 \times 10^{-10}$  sampai  $7,00 \times 10^{-10}$  dengan rerata  $6,09 \times 10^{-10}$  (Gambar 6). Secara umum, nilai TR untuk semua konsumen baik orang dewasa, remaja dan anak-anak di Penajam Paser Utara berisiko lemah ( $\leq 10^{-7}$ ). Temuan ini sesuai dengan klasifikasi TR terhadap konsumen, yakni jika  $\leq 10^{-7}$  (lemah);  $10^{-4} - 10^{-3}$  (sedang);  $10^{-3} - 10^{-10}$  (tinggi);  $\geq 10^{-1}$  (sangat tinggi) (New York State Department of Health., 2007) dan (USEPA, 2010).



**Gambar 6.** Grafik nilai Risiko Kanker (TR) pada konsumen dewasa, remaja dan anak-anak

Walaupun potensi karsinoganik di penelitian ini relatif lemah, para konsumen harus tetap berhati – hati mengkonsumsi kerang dari lokasi penelitian. Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mengurangi paparan Pb terhadap para konsumen di penelitian ini adalah melakukan bioremediasi dan penambahan bahan alami berupa daun dan kulit nanas kerang sebelum dimasak dan dikonsumsi oleh konsumen. Metode ini efektif dapat menyerap sekitar 59% konsentrasi Pb pada kerang (Kunsah *et al.*, 2024). Selain itu, membatasi atau mengurangi frekuensi konsumsi kerang juga bisa dilakukan untuk mengurangi

masuknya paparan Pb pada konsumen. Pada dasarnya, tingkat keparahan dan derajat penyakit yang ditimbulkan pada tubuh konsumen dapat tergantung pada kadar Pb pada kerang, perbedaan lokasi, durasi paparan, usia dan berat badan (Badjuka *et al.*, 2023; Soegianto *et al.*, 2020). Oleh karena itu, program kerjasama, komunikasi yang berkesinambungan antara lembaga atau instansi pemerintah dan swasta, terutama Dinas Perikanan dan Kelautan, Kesehatan PPU akademisi, komunitas lokal, dan sektor industri harus dilakukan terkait dengan risiko dan manfaat konsumsi kerang darah. Temuan ini juga merekomendasikan semua konsumen harus mengatur kualitas dan meningkatkan keseimbangan antara manfaat dan risiko konsumsi kerang (Andini *et al.*, 2024). S

Penelitian ini hanya fokus pada paparan Pb terhadap tubuh kerang, maka perlu dilakukan investigasi lebih lanjut dengan menganalisis logam lain baik yang bersifat karsinogenik (Hg, Cd, As, Ni) dan non-kasinogenik (Fe, Mn dan Zn) pada tubuh manusia. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan logam pada tubuh *A. granosa* secara menyeluruh dan dapat dijadikan acuan keamanan pangan dan juga sebagai representatif dari keadaan lingkungan di sekitarnya.

#### Kesimpulan

Kandungan Pb pada kerang darah (*A.granosa*) hasil tangkapan nelayan di perairan Babulu Laut berkisar 0,112 – 0,148 mg/kg yang mana kandungan tertinggi Pb ditemukan pada kerang berukuran besar. Nilai Pb pada *A. granosa* masih berada di bawah baku mutu SNI 7387:2009 yakni 1,5 mg/kg. Akumulasi Pb terhadap *A. granosa* dipengaruhi oleh ukuran kerang. Nilai EWI relatif lebih rendah dari PTWI dan nilai HQ lebih rendah dari 1 (HQ<1), mengindikasikan tidak terdapat risiko non-karsinogenik terhadap para komsumen. Rerata risiko kanker (TR) adalah lemah ( $2,37 \times 10^{-10}$ ) terhadap para konsumen baik usia dewasa, remaja dan anak - anak. Namun, para konsumen harus tetap berhati – hati terhadap dampak negatif dari konsumsi *A. granosa* yang berlebihan, karena dapat menyebabkan risiko kesehatan dimasa yang akan datang.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Integrated Laboratory, Kualitas Air, Irma Suryana, Moh. Sumiran Paputungan, keluarga besar dan semua pihak yang telah mendukung penelitian ini.

## Referensi

- 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(2), 22–29.
- Amriarni, A., Hendarto, B., & Hadiyanto, A. (2012). Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(2), 45–50. <https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50>
- Ashar, A. A. A., Paputungan, M. S., Hamdhani, H., & Ritonga, I. R. (2025). Analisis Konsentrasi Fe, Mn, Dan Zn pada Sedimen Mangrove di Sepanjang Sungai Sumber Kota Balikpapan. *Jurnal Perikanan*, 15(1), 387–397. <https://doi.org/10.29303/jp.v15i1.1408>.
- Badjuka, B. Y. M., Hiola, T. T., Rokot, A., & Suleman, R. (2023). Risk Assessment of Blood Clams (*Anadara granosa*) Consumption in Hulawa Village, Gorontalo Province, Indonesia. *AACL Bioflux*, 16(4), 1929–1939.
- BPS Provinsi Kalimantan Timur. (2022). *Rata-Rata Konsumsi Protein Per Kapita Sehari menurut Kelompok Makanan dan Kelompok Pengeluaran (Gram), 2021-2022*. BPS. (Accessed on September 23, 2025).
- Collin, M. S., Venkatraman, S. K., Vijayakumar, N., Kanimozhi, V., Arbaaz, S. M., Stacey, R. G. S., Anusha, J., Choudhary, R., Lvov, V., Tovar, G. I., Senatov, F., Koppala, S., & Swamiappan, S. (2022). Bioaccumulation of Lead (Pb) and Its Effects on Human: A review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7(March), 100094. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>
- Dewi, G. A. Y., Samson, S. A., & Usman, U. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Manggar Balikpapan. *ECOTROPHIC*, 12(2), 117–124. <https://doi.org/10.24843/ejes.2018.v12.i02.p02>
- DOH, N. Y. S. (2007). *Hopewell Precision Area Contamination: Appendix C-NYS DOH. Procedure for Evaluating Potential Health Risks for Contaminants of Concern*; States Department of Health: New York. (Accessed on September 23, 2025).
- Dwisepti Andini, A., Sumiran Paputungan, M., Suryana, I., & Ramadhan Ritonga, I. (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. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i3.63526>
- Effendi, I., Marpaung, B., Mahary, A., Ernando, H., & Thamrin, T. (2025). Sediment Composition, Phytoplankton, and Blood Cockles (*Anadara granosa*) Population. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 29(2), 2143–2159. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2025.421850>
- Giandomenico, S., Cardellicchio, N., Spada, L., Annicchiarico, C., & Di Leo, A. (2016). Metals and PCB Levels in Some Edible Marine Organisms from the Ionian Sea: Dietary Intake Evaluation and Risk for Consumers. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 12596–12612. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5280-2>
- Handayani, C. O., Sukarjo, S., Dewi, T., & Zu'amah, H. (2022). Logam Berat dan Probabilistik Penilaian Risiko Kesehatan Melalui Konsumsi Beras dari Lahan Sawah di Hulu Sungai Citarum. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(2), 225–234. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.2.225-234>
- Handayani, P., Kurniawan, & Adibrata, S. (2020). Kandungan Logam Berat Pb pada

- Air Laut, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Pantai Sampur Kabupaten Bangka Tengah. *PELAGICUS: Jurnal IPTEK Terapan Perikanan Dan Kelautan*, 1(2), 97–105.
- Handayani, R., Natalinda, B., Lia, N., Sumaria, S., & Majid, A. (2020). Kadar Logam Berat Cu, Cr, Pb dan Zn Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Elo dan Kerang Kepah (*Polymesoda erosa*) Di Loa Janan Ilir Kalimantan Timur. *Jambura Journal of Chemistry*, 2(2), 70–77.  
<https://doi.org/10.34312/jambchem.v2i2.6995>
- Hasanein, S. S., Mourad, M. H., & Haredi, A. M. M. (2022). The Health Risk Assessment of Heavy Metals to Human Health Through The Consumption of *Tilapia* Spp and Catfish Caught From Lake Mariut, Egypt. *Heliyon*, 8(7), e09807.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09807>
- Hastuti, E., & Alfifah, Y. (2024). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal Pada Ikan Bandeng Yang Dibudidayakan Di Tambak Kota Semarang. *JKM (Jurnal Kesehatan Masyarakat) Cendekia Utama*, 12(1), 42.  
<https://doi.org/10.31596/jkm.v12i1.1649>
- Hossain, M. A., Chowdhury, T., Chowdhury, G., Schneider, P., Hussain, M., Das, B., & Iqbal, M. M. (2023). Impact of Pb Toxicity on the Freshwater Pearl Mussel, *Lamellidens marginalis*: Growth Metrics, Hemocyto-Immunology, and Histological Alterations in Gill, Kidney, and Muscle Tissue. *Toxics*, 11(6), 1–15.  
<https://doi.org/10.3390/toxics11060475>
- Izak, & Zakaria, I. (2023). *Menilik Potensi Komoditas Kerang Darah di Penajam, Bisa Topang Ekonomi Nelayan, Panen Perdana 1,5 Ton*. PROKAL.Co. <https://www.prokal.co/bisnis/1773955133/menilik-potensi-komoditas-kerang-darah-di-penajam-bisa-topang-ekonomi-nelayan-panen-perdana-15-ton>. (Accessed on September 23, 2025)
- Khairuddin, K., & Yamin, M. (2021). Analysis of Cadmium (Cd) and Lead (Pb) Heavy Metal Content in Shell and Mangroves at Bima Bay. *Journal of Science and Science Education*, 2(1), 58–61.  
<https://doi.org/10.29303/jossed.v2i1.726>
- Kunda, R. M., Rumanta, M., & Hutasoit, L. R. (2024). Bioaccumulation of Pb in the Gills of *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in Jakarta Bay, Indonesia and its Histological Alteration. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2488–2494.  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.7109>
- Kunsah, B., Kartikorini, N., Ariana, D., & Mardiyah, S. (2024). Potential Bioabsorbent Extract of Skin and Leaves *Ananas Comosus* on reduction of Copper, Mercury, and Lead in *Anadara granosa*. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 17(3), 1190–1195. doi: 10.52711/0974-360X.2024.00185.
- Linda, R., Hartanti, L., Warsidah, W., Ashari, A. M., & Kurniadi, B. (2022). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Dan Sedimen Asal Perairan Sedanau Kabupaten Natuna. *Marinade*, 5(02), 110–116.  
<https://doi.org/10.31629/marinade.v5i02.5052>
- Lisna, L., Ramadan, F., & Arfiana, B. (2023). Assessment of Heavy Metals in Blood Clams (*Anadara granosa*) in the Waters of the East Coast of Jambi, East Tanjung Jabung Regency, Jambi, Indonesia. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 41(2), 537.  
<https://doi.org/10.52155/ijpsat.v41i2.5788>
- Liu, T., Zhu, L., Bao, R., Hu, R., Jiang, S., Zhu, Y., & Song, Y. (2023). Hydrodynamically-Driven Distribution and Remobilization of Heavy Metals in Surface Sediments Around the Coastal Area of Shandong Peninsula, China. *Science of The Total Environment*, 857, 159286.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159286>
- Meilana, L., Fang, Q., Roberts, E. G., Susanto, H. A., Ikhumhen, H. O., & Nelson, B. R. (2024). Identification of Potential Marine Protected Areas Based on Cumulative Risk Assessment: Case Study in Balikpapan Bay, Indonesia. *Ocean &*

- Coastal Management*, 255, 107230.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107230>
- Muljati, S., Triwinarto, A., Utami, N., & Hermina. (2016). Gambaran Median Tinggi Badan Dan Berat Badan Menurut Kelompok Umur Pada Penduduk Indonesia Yang Sehat Berdasarkan Hasil Riskesdas 2013. *Journal of Nutrition Dan Food Research*, 39(2), 137–144.
- Permata, Y. M., Liesna, A. T., Rangkuti, F. M., Insyra, K., & Dayanti, Y. (2023). Proximate Composition of *Anadara granosa* and *Paphia undulata*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(1), 01–05.  
<https://doi.org/10.32734/ijpcr.v6i1.9196>
- Putri, W. A. E., & Angraini, 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.  
<https://doi.org/10.56064/jps.v24i1.678>
- Rahma, S., Hariani, N., Biologi, S. S.-: J. I., & 2016, U. (2016). Analisa Kandungan Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Yang Terdapat Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Di Perairan Muara Badak. *Jurnal.Fmipa.Unmul.Ac.Id*, 11(2), 61–66.  
<http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/bioprospek/article/view/191>
- 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.  
<https://doi.org/10.29103/aa.v6i1.887>
- Razali, A., Mohamad, S., Kheng, T., & Shahul, F. (2016). Leachate and Surface Water Characterization and Heavy Metal Health Risk on Cockles in Kuala Selangor. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 222, 263–271.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.156>
- Rzymiski, P., Tomczyk, K., Rzymiski, P., Poniedziałek, B., Opala, T., & Wilczak, M. (2015). Impact of Heavy Metals on the Female Reproductive System. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 22(2), 259–264.  
<https://doi.org/10.5604/1153-6867.1213922>
- Sahri, A., Herwata Putra, M. I., Kusuma Mustika, P. L., Kreb, D., & Murk, A. J. (2021). Cetacean Habitat Modelling to Inform Conservation Management, Marine Spatial Planning, and as a Basis for Anthropogenic Threat Mitigation in Indonesia. *Ocean and Coastal Management*, 205, 105555.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105555>
- Salsabilla, R. O., Pratama, B., & Angraini, D. I. (2020). The Kadar Timbal Darah pada Kesehatan Anak. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 2(2), 119–124.  
<https://doi.org/10.37287/jppp.v2i2.54>
- Sanders, A. P., Mazzella, M. J., Malin, A. J., Hair, G. M., Busgang, S. A., Saland, J. M., & Curtin, P. (2019). Combined Exposure to Lead, Cadmium, Mercury, and Arsenic and Kidney Health in Adolescents Age 12–19 in NHANES 2009–2014. *Environment International*, 131, 104993.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104993>
- Sekarwardhani, R., Subagiyo, S., & Ridlo, A. (2022). Kelimpahan Mikroplastik pada Berbagai Ukuran Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Didaratkan di TPI Bungo, Demak dan TPI Kedungmalang, Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 11(4), 676–684.  
<https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.32209>
- Sitorus, S., Ilang, Y., & Nugroho, R. A. (2020). Analisis Kadar Logam Pb, Cd, Cu, As pada Air, Sedimen dan Bivalvia di Pesisir Teluk Balikpapan. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 7(2), 89.  
<https://doi.org/10.31258/dli.7.2.p.89-94>
- Soegianto, A., Widyaleksono, T., Putranto, C., Lutfi, W., Almirani, F. N., Hidayat, A. R., Muhammad, A., Firdaus, R. A., Rahmadhani, Y. S., Aina, D., Fadila, N., & Hidayati, D. (2020). Concentrations of Metals in Tissues of Cockle *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) from East Java Coast, Indonesia, and Potential Risks to Human Health. *International Journal of Food Science*, 5345162, 1–9.

- Suyatna, I., Riadi, R. I., Feriyanto, I. J., Ghitarina, Gunawan, B. I., Sasono, R. R., & Rafii, A. (2019). Determination of Water Quality Condition from Water Samples Around Location of Ship to Ship Transfer of Coal in Balikpapan, East Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 348(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/348/1/012067>
- Syafira, A. R., Ritonga, I. R., Paputungan, M. S., & Suryana, I. (2023). Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Sedimen Mangrove di Kawasan Mangrove Center Graha Indah, Balikpapan, Kalimantan Timur. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(1), 220–231. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i1.465>
- Tanhan, P., Lansubsakul, N., Phaochoosak, N., Sirinupong, P., Yeesin, P., & Imsilp, K. (2023). Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Concentration in Seafood Collected from Pattani Bay, Thailand. *Toxics*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/toxics11010018>
- Tantri, A. F., Lamid, M., & Sugijanto, S. (2021). Application of Cockle (*Anadara granosa*) Shell Waste as an Adsorbent of Heavy Metal Cadmium (Cd), Copper (Cu), and Lead (Pb). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 11(1), 97–105. <https://doi.org/10.20473/jafh.v11i1.26916>
- USEPA. (2000). Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. In *United States Environmental Protection Agency* (Vol. 3, Issue 1). <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-11/documents/guidance-assess-chemical-contaminant-vol2-third-edition.pdf>. (Accessed on September 23, 2025)
- USEPA. (2023). *Environmental Protection Agency, Regional Screening Levels (RSLs)-generic Tables*. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>. (Accessed on September 27, 2025)
- WHO. (2016). *World Health Ranking, WHO Publish Date: May 2016 (2016)*. (Accessed on September 28, 2025).
- Widiawan, D. A. (2021). Temporal Distribution and Characteristic Analysis of Oil Spill in Balikpapan Bay. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 925(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/925/1/012063>