

Manganese (Mn) Accumulation in Jerbung Shrimp (*Penaeus merguensis*) from the Sungsang Estuary, South Sumatra

Anjar Puteri Liana¹, Wike Ayu Eka Putri^{1*}, Melki¹, Beta Susanto Barus¹, Fitri Agustriani¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Sumatera Selatan Indonesia;

Article History

Received: February 23th, 2026

Revised : May 02th, 2026

Accepted : May 08th, 2026

*Corresponding author: **Wike Ayu Eka Putri**, Department of Marine Sciences, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, Inderalaya, South Sumatra, Indonesia;
Email: Wike_ayu_ep@unsri.ac.id

Abstract: Estuaries are intermediate environments that are extremely susceptible to pollution, especially heavy metals like manganese (Mn). The goals of this research were to determine the amount of manganese in the consumable flesh of Jerbung shrimp (*Penaeus merguensis*) taken from the Sungsang Estuary in Banyuasin Regency, South Sumatra, Indonesia, and to ascertain the safe intake levels for people. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) was used to analyze the shrimp samples at a wavelength of 257.61 nm. According to the findings, the average Mn content in shrimp muscle was somewhat higher than the limit set by the European Food Safety Authority (EFSA), falling between 3.16 and 3.21 mg/kg. Even if just shrimp are consumed, the projected consumption limits based on dietary intake calculations still suggest a comparatively low immediate health risk. However, the high Mn concentration indicates the effect of environmental pollution brought about by human actions in the Musi River estuary. These findings emphasize the significance of controlling pollution sources and carrying out routine environmental monitoring to ensure the safety of seafood and the sustainability of estuarine ecosystems.

Keywords: Bioaccumulation; Food Safety; Jerbung Shrimp; Manganese.

Pendahuluan

Estuaria merupakan ekosistem peralihan antara perairan sungai dan laut yang memiliki produktivitas tinggi namun juga sangat rentan terhadap pencemaran. Kawasan Sungsang di Kabupaten Banyuasin merupakan salah satu wilayah estuaria penting di Sumatera Selatan yang memiliki potensi perikanan tangkap, khususnya udang, yang cukup besar. Sebagian besar masyarakat di wilayah ini bermata pencaharian sebagai nelayan yang beroperasi dari Sungai Sembilang hingga Selat Bangka (Mayodra *et al.*, 2021; Susilowati *et al.*, 2025).

Hasil tangkapan dari kawasan ini juga dipasarkan ke berbagai wilayah seperti Kota Palembang sehingga memberikan kontribusi terhadap perekonomian regional (Septinar *et al.*, 2025). Namun, tingginya aktivitas pemukiman, transportasi laut, serta aliran limbah dari daerah hulu Sungai Musi berpotensi menurunkan kualitas lingkungan perairan estuaria di kawasan

tersebut (Halawa *et al.*, 2025). Salah satu jenis pencemar yang banyak ditemukan di perairan estuaria adalah logam berat mangan (Mn). Mn merupakan unsur esensial bagi organisme pada konsentrasi rendah, tetapi pada kadar tinggi dapat bersifat toksik bagi biota akuatik serta berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia (Leonard, 2023).

Di lingkungan estuaria, Mn cenderung terakumulasi pada sedimen dan selanjutnya masuk ke dalam rantai makanan melalui organisme benthik. Udang jerbung (*Penaeus merguensis*) yang hidup dan mencari makan di dasar perairan memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga sering dimanfaatkan sebagai bioindikator pencemaran perairan (Ainun *et al.*, 2021; Emilia *et al.*, 2022).

Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Mn di perairan Sungai Musi telah melampaui baku mutu yang ditetapkan, dengan nilai mencapai 0,2–0,3 mg/L (VOI, 2022).

Kondisi ini menunjukkan adanya potensi masuknya logam berat pada biota perairan yang dikonsumsi oleh masyarakat.

Meskipun penelitian sebelumnya telah melaporkan keberadaan logam berat di perairan Sungai Musi, informasi mengenai konsentrasi Mn pada udang jerbung serta kaitannya dengan batas aman konsumsi bagi manusia masih terbatas. Berbagai organisasi internasional, seperti seperti *European Food Safety Authority* (EFSA) serta FAO/WHO, telah mengembangkan pendekatan penilaian risiko melalui parameter *Acceptable Daily Intake* (ADI), *Maximum Tolerable Intake* (MTI), dan *Maximum Weekly Intake* (MWI).

Berdasarkan kerangka kerja ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi Mn dalam daging kepiting lumpur yang ditangkap di Muara Sungsang, sekaligus mengevaluasi batas konsumsi yang aman dengan mengacu pada ketiga parameter tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menyediakan data ilmiah terkait tingkat kontaminasi Mn pada muara tersebut, sekaligus menjadi dasar bagi upaya pengelolaan kualitas air serta perlindungan kesehatan masyarakat di wilayah pesisir.

Bahan dan Metode

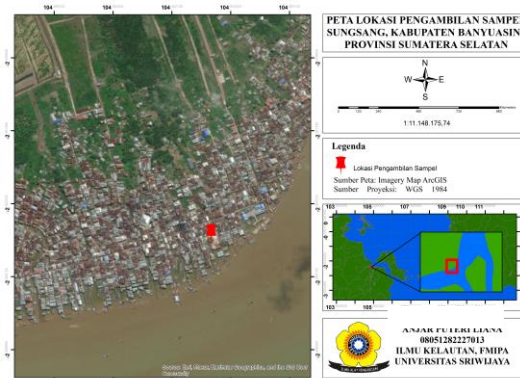
Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025. Sampel udang jerbung diperoleh dari perairan Sungsang, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Persiapan sampel dilakukan di Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Analisis kandungan logam berat selanjutnya dilakukan di Laboratorium Lingkungan UPTD, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan. Peta lokasi pengambilan sampel udang jerbung ditampilkan pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu timbangan analitik, blender, oven, *furnace*, cawan porselin, *hot plate*, labu ukur, pipet volumetrik, labu Erlenmeyer, gelas beker, tabung reaksi, corong kaca, serta Spektrofotometer Serapan Atom

(AAS) dengan *graphite furnace*. Sampel udang jerbung disimpan dalam *coolbox* selama transportasi dan *freezer* untuk penyimpanan. Bahan kimia yang digunakan meliputi HNO₃ (65%, 1%, dan 0,1 M), HCl 6 M, akuades, serta larutan standar Mn 1.000 mg/L untuk kalibrasi. Analisis Mn dilakukan menggunakan AAS dengan *graphite furnace* panjang gelombang 257,61 nm. Bahan kimia yang digunakan meliputi HNO₃ (65%, 1%, dan 0,1 M), HCl 6 M, akuades, serta larutan standar Mn 1.000 mg/L untuk kalibrasi.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan dan Preparasi Sampel

Sampel daging udang jerbung diperoleh dari pengepul yang membeli hasil tangkapan nelayan di perairan Sungsang, dengan menerapkan metode *purposive sampling*. Total sampel mencapai 1 kg, yang dibagi menjadi lima replikasi, di mana setiap replikasi terdiri dari 200 g daging udang. Udang yang digunakan memiliki ukuran relatif seragam dengan panjang sekitar (± 16 cm atau berat ± 27 g/ekor), dengan total individu sekitar 35–40 ekor. Sampel kemudian disimpan dalam *cool box* berisi es selama transportasi ke laboratorium. Di laboratorium, sampel dicuci, dipisahkan antara daging dan karapas, kemudian daging udang dihomogenkan untuk analisis lebih lanjut.

Proses Destruksi Sampel

Proses penghancuran sampel dilakukan sesuai dengan SNI 2354-13:2014 dengan menggunakan metode pengabuan kering. Sampel udang yang telah ditimbang diletakkan dalam piring porselin, kemudian dipanaskan secara bertahap di dalam tungku dengan kenaikan suhu 100°C per 30 menit sampai 450°C,

dipertahankan pada suhu tersebut selama 18 jam. Setelah proses pengabuan selesai dan sampel mendingin, ditambahkan 1 mL HNO₃ 65% ke dalam abu yang dihasilkan, yang selanjutnya diuapkan menggunakan hot plate pada suhu sekitar 100 °C hingga kering.

Selanjutnya, residu tersebut diabukan kembali dengan suhu 450 °C dengan 3 jam hingga abu benar-benar putih. Abu tersebut kemudian dilarutkan dalam 5 mL HCl 6 M dan diuapkan kembali hingga kering, lalu didinginkan selama sekitar 1 jam. Larutan yang dihasilkan kemudian dicampur dengan 10 mL HNO₃ 0,1 M, dipindahkan ke labu ukur 50 mL, dan diencerkan hingga tanda menggunakan HNO₃ 0,1 M sebelum dianalisis kandungan logam beratnya menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

Analisis Logam Berat Mn

Larutan standar dibuat berdasarkan SNI 2354-13:2014 larutan stok berkonsentrasi 1.000 mg/L dengan minimal lima titik konsentrasi, yaitu Mn 0,0; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 mg/L. Larutan kosong memakai HNO₃ 1%. Kurva kalibrasi Mn didapat melalui pengukuran dengan AAS dengan panjang gelombang 257,61 nm. Kurva kalibrasi dianggap valid jika nilai koefisien determinasi (R²) ≥ 0,995.

Analisa Data

Perhitungan Konsentrasi Logam Berat Mn

Perhitungan konsentrasi logam berat Mn mengikuti ketentuan SNI 2354-13:2014. Konsentrasi logam berat Mn dapat dihitung dengan memanfaatkan rumus berikut:

$$\text{Konsentrasi Mn mg/kg} = \frac{(D - E) \times F \times V}{W}$$

Keterangan:

- D : Konsentrasi hasil pembacaan AAS (mg/L)
- E : Konsentrasi blanko (mg/L)
- Fp : Faktor pengenceran
- V : Volume akhir larutan sampel (L)
- W : Berat sampel (kg)

Baku Mutu Logam Berat Mn

Baku mutu logam berat Mn pada udang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Mn pada Udang

Logam Berat	European Food Safety Authority (EFSA) Tahun 2017
Mn	3 mg/kg

Penentuan Batas Konsumsi Mn

MWI (*Maximum Weekly Intake*) adalah batas tertinggi kandungan logam berat yang diperbolehkan untuk dimakan dalam satu minggu. Menurut Juniardi *et al.*, (2021) MWI dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MWI = Weight \times PTWI$$

Keterangan:

- Weight : Berat badan rata-rata orang dewasa Indonesia 58 kg (Permenkes 2019)
- PTWI : *Provisional Tolerable Weekly Intake* (mg/kg berat badan/minggu), Menurut FAO/WHO (2004) menetapkan nilai PTWI Mn = 2,5 mg/kg bb/minggu

MTI (*Maximum Tolerable Intake*) adalah batas maksimum jumlah udang yang bisa dimakan setiap minggunya. Menurut Agustina *et al.*, (2019) MTI bisa dihitung dengan rumus berikut:

$$MTI = \frac{MWI}{Ct}$$

Keterangan:

- MWI : Batas asupan mingguan logam berat (mg/minggu)
- Ct : Kadar logam berat pada sampel (mg/kg)

ADI (*Acceptable Daily Intake*) menunjukkan batas maksimum berat udang yang aman dikonsumsi setiap hari. Nilai ADI dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$ADI = \frac{MTI}{7}$$

Keterangan:

- MTI : Jumlah berat maksimum konsumsi udang per minggu (kg/minggu)
- 7 : Jumlah hari dalam 1 minggu

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Logam Berat Mn pada Udang Jerbung

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Mn pada lima sampel udang jerbung relatif konsisten. Rentang konsentrasi Mn berada antara 3,16 hingga 3,21 mg/kg, dengan nilai terendah tercatat pada Sampel 1 yaitu 3,16 mg/kg dan tertinggi pada Sampel 5 sebesar 3,21 mg/kg. Rata-rata kandungan Mn dalam daging udang jerbung mencapai 3,18 mg/kg. Data lengkap mengenai hasil analisis konsentrasi Mn dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Mn pada Udang Jerbung

Sampel	Konsentrasi Logam Berat Mn (mg/kg)
1	3,16
2	3,18
3	3,17
4	3,20
5	3,21
Rata-rata	3,18

Udang jerbung termasuk organisme benthik yang hidup serta mencari makan di dasar perairan, sehingga berpotensi menyerap logam berat yang terakumulasi dalam sedimen. Proses bioakumulasi terjadi ketika logam dari lingkungan perairan masuk ke tubuh melalui insang, asupan makanan, dan kontak langsung dengan sedimen, lalu terakumulasi di dalam jaringan organisme (Syahrian *et al.*, 2023).

Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar Mn pada daging udang jerbung di perairan Sungsang mencapai 3,18 mg/kg, sedikit melebihi batas yang direkomendasikan oleh *European Food Safety Authority* (EFSA, 2017) sebesar 3 mg/kg. Kondisi ini mengindikasikan adanya tekanan pencemaran Mn di perairan Muara Sungai Musi diduga dipengaruhi oleh berbagai aktivitas antropogenik di sepanjang alirannya, seperti kegiatan industri, transportasi sungai, serta pemukiman penduduk. Dibandingkan dengan studi lain, kadar Mn dalam penelitian ini cenderung lebih tinggi.

Hasil Penelitian Octavianus *et al.*, (2018) pada Perairan Sungai Dondang, Kalimantan Timur melaporkan kadar Mn pada udang windu berkisar 0,463–0,905 mg/L, yang lebih rendah

dibandingkan penelitian ini. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berbeda, seperti padatnya aktivitas manusia, karakteristik hidrologi perairan, serta sumber pencemar yang masuk ke sistem perairan.

Penelitian Rahutami *et al.*, (2022) melaporkan bahwa kadar Mn dalam sedimen Sungai Musi berada pada kisaran 18,43–336,57 mg/kg, sementara Utami *et al.*, (2024) menemukan konsentrasi Mn di sedimen Sungai Enim sebesar 216,07–283,24 mg/kg. Walaupun nilai tersebut masih berada di bawah ambang *Lowest Effect Level* (460 mg/kg) berdasarkan pedoman kualitas sedimen akuatik, keberadaan Mn tetap berpotensi terakumulasi pada organisme benthik, termasuk udang (Huang *et al.*, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa sedimen dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan logam berat yang selanjutnya dapat masuk ke rantai makanan melalui mekanisme bioakumulasi.

Batas Maksimum Logam Berat Mn pada Udang Jerbung

Perhitungan level maksimum yang diperbolehkan untuk konsumsi logam berat dalam makanan, seperti udang jerbung, sangat krusial untuk evaluasi risiko kesehatan manusia. Teknik ini digunakan untuk memperkirakan jumlah makanan yang masih bisa dimakan dengan aman tanpa memicu efek racun akibat paparan logam berat, baik dalam waktu singkat maupun lama. Dengan demikian, perhitungan batas konsumsi tidak hanya berfungsi sebagai indikator keamanan pangan, tapi juga sebagai dasar ilmiah dalam pengambilan keputusan mengenai pengelolaan lingkungan dan perlindungan kesehatan publik. Hasil batas konsumsi logam berat Mn pada udang jerbung dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Batas Maksimum Konsumsi Mn pada Udang Jerbung

Kode Sampel	MWI	MTI	ADI
S1	145	45,89	6,56
S2	145	45,60	6,51
S3	145	45,74	6,53
S4	145	45,31	6,47
S5	145	45,17	6,45
Rata-rata	145	45,54	6,51

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai MWI Mn sebesar 145 mg/minggu menghasilkan nilai MTI rata-rata 45,54 kg/minggu dan ADI sebesar 6,51 kg/hari. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jumlah udang jerbung yang harus dikonsumsi untuk mencapai batas paparan Mn tergolong sangat besar dan jauh melebihi pola konsumsi masyarakat pada umumnya. Dengan demikian, paparan Mn dari konsumsi udang jerbung saja masih berada pada tingkat risiko yang relatif rendah.

Penelitian ini sejalan dengan temuan Sultana *et al.*, (2022), melaporkan konsumsi udang hingga sekitar 2 kg per minggu masih dianggap aman dalam hal paparan Mn bagi individu dengan berat badan sekitar 60 kg. Perbedaan batas maksimum konsumsi antarpencapaian kemungkinan dipengaruhi oleh variasi kandungan Mn dalam udang, kondisi lingkungan perairan yang berbeda-beda, serta perbedaan metode yang digunakan dalam penilaian risiko.

Meskipun demikian, konsentrasi Mn pada udang jerbung dalam penelitian ini sedikit melebihi standar EFSA, sehingga tetap diperlukan kewaspadaan dalam pengelolaan kualitas lingkungan perairan. Akumulasi logam berat di ekosistem estuaria dapat terus meningkat apabila sumber pencemar tidak dikendalikan, sehingga berpotensi meningkatkan paparan logam berat pada organisme perairan yang dikonsumsi manusia.

Kesimpulan

Konsentrasi Mn dalam daging udang jerbung (*Penaeus merguianus*) dari perairan Sungsang, Kabupaten Banyuwangi, menunjukkan nilai yang melebihi batas aman konsumsi. Meskipun hasil analisis paparan menunjukkan bahwa konsumsi udang ini masih dapat ditoleransi, kondisi ini tetap memerlukan perhatian serius. Kadar Mn yang melebihi standar menunjukkan potensi risiko kesehatan, terutama jika terjadi paparan tambahan dari sumber lain. Dengan demikian, pengendalian sumber pencemar serta pemantauan kualitas perairan secara berkala menjadi langkah yang sangat penting untuk memastikan keamanan pangan dan melindungi kesehatan masyarakat pesisir.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta kontribusi selama pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, penghargaan diberikan kepada Pembimbing I dan Pembimbing II atas panduan, arahan, serta masukan yang diberikan dengan sabar sejak tahap perencanaan, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan dan penyempurnaan naskah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada masyarakat dan nelayan di wilayah Sungsang, Kabupaten Banyuwangi, atas bantuan serta partisipasi mereka dalam pengambilan sampel lapangan, sehingga penelitian ini berjalan tanpa adanya hambatan sehingga mencapai tujuan.

Referensi

- Agustina, D. Y., Suprpto, D., & Febrianto, S. (2019). Kandungan logam berat timbal (Pb) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Tenggang, Semarang, Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3), 242–249.
<https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24262>
- Ainun, N. H., Gafur, A., & Abbas, H. H. (2021). Bioakumulasi logam berat chromium (Cr) dan cadmium (Cd) pada sedimen dan kerang (*Anadara* sp.) di muara Sungai Tallo Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, 2(3), 522–535.
<http://jurnal.fkm.umi.ac.id/index.php/woph/article/view/woph2117>
- Badan Pusat Statistik Sumatera Selatan. (2022). *Statistik perikanan tangkap Provinsi Sumatera Selatan 2021*. Badan Pusat Statistik Sumatera Selatan.
<https://sumsel.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDM3IzI=/produksi-perikanan-tangkap.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6989.5-2004: Air dan air limbah—Bagian 5: Cara uji mangan (Mn) dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)*. BSN. <https://bsn.go.id/main/link>
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 2354-13:2014: Cara uji kimia—Bagian 13 penentuan tembaga (Cu) dan seng (Zn)*

- pada produk perikanan. BSN. <https://bsn.go.id/main/link>
- 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>
- European Food Safety Authority. (2017). Dietary reference values for manganese. *EFSA Journal*, 15(6), e04993. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.493>
- Food and Agriculture Organization & World Health Organization. (2004). *Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003)*. International Life Sciences Institute Press. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c67686db-80dc-4518-b0b5-cc4ebe11429d/content>
- Food and Nutrition Board. (2004). *Dietary reference intakes tables: Elements*. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes The National Academies Press
- Halawa, E. H. (2025). Peran estuaria sebagai habitat penting bagi kehidupan akuatik. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 137-144. <https://doi.org/10.70134/peraut.v1i1.696>
- Huang, C.W., Yen, P.L., How, C. M., Chai, Z. Y., & Liao, V. H.C. (2021). Levels of bioavailable manganese in river sediment may elevate reproductive risk in model organism *Caenorhabditis elegans*. *Aquatic Toxicology*, 239, 105958. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105958>
- Juniardi, E., Sulistiono, S., Hariyadi, S., & Kamal, M. M. (2021). Heavy metal content of Pb and Cd in bandik grouper (*Cephalopholis boenak*) in Banten Bay, Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 1047–1055. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2830>
- Leonard, F. (2023). Konsentrasi logam berat besi (Fe), mangan (Mn), dan tembaga (Cu) pada perairan Sungai Radda. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Ilmu*, 2(4), 2167–2172. <https://melatijournal.com/index.php/Metta/article/view/392>
- Mayodra, D., Jaya, F. M., & Widayatsih, T. (2021). Uji histologi udang putih (*Litopenaeus vannamei*) selama penyimpanan pada suhu rendah. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 16(2), 95–103. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/ikan>
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia*. Permenkes No. 28 Tahun 2019
- Octavianus, R., Kartika, R., & Hindryawati, N. (2018). Analisis kadar logam Pb, Mn dan kandungan protein pada daging udang windu (*Penaeus* sp.) di perairan Sungai Dondang Kecamatan Muara Jawa. *Jurnal Atomik*, 3(1), 47–53. <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/prosiding/article/view/552>
- Putri, W. A. E., Susanti, M. I., Rozirwan, R., Hendri, M., & Agustriani, F. (2022). Status cemaran logam berat di sedimen muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2), 177–184. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.39765>
- Rahutami, S., Said, M., & Ibrahim, E. (2022). Actual status assessment and prediction of the Musi River water quality, Palembang, South Sumatra, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 23(10). <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/152284>
- Septinar, H., Putri, Y. P., Emilia, I., & Puspasari, R. (2025). Persepsi masyarakat nelayan sondong terhadap alat tangkap sondong di daerah Sungsang Banyuasin Sumatera Selatan. *Environmental Science Journal*, 3(2), 64–71. <https://doi.org/10.31851/esjo.v3i2.18983>
- Sultana, S., Hossain, M. B., Choudhury, T. R., Yu, J., Rana, M. S., Noman, M. A., & Arai, T. (2022). Ecological and human health risk assessment of heavy metals in cultured shrimp and aquaculture sludge. *Toxics*,

- 10(4), 175.
<https://doi.org/10.3390/toxics10040175>
- 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. DOI: 10.14710/jmr.v14i3.53259
- Syahrian, M., Hidayati, N. V., Fitriani, M., Rahardja, B. S., & Andriyono, S. (2023). Studi akumulasi logam berat Pb, Cd, As pada udang jerbung (*Fenneropenaeus merguensis*) dari tambak tradisional. *Jurnal Perikanan Unram*, 13(2), 367–375. <https://doi.org/10.29303/jp.v13i2.500>
- Utami, R., Sari, A. N., Imami, A. D., Azizah, R. N., & Awfa, D. (2024). Water and sediment quality status of the Enim River, South Sumatra. *Indonesian Journal of Limnology*, 5(2), 64–76. <https://doi.org/10.51264/inajl.v5i2.68>
- VOI Sumsel. (2024, May 15). Pencemaran Sungai Musi semakin parah, tim ESN temukan ancaman limbah mikroplastik. <https://sumsel.voi.id/aktual/191340/pencemaran-sungai-musi-semakin-parah-tim-esn-temukan-ancaman-limbah-mikroplastik>
- World Health Organization. (2021). *Cadmium in drinking-water: Background document*. WHO Press. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/294c15ad-3c0b-45a3-90a0-fd5577642512/content>