



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT IN SEDIMENTS IMPACTED BY COAL WASTE ALONG THE COAST OF WEST ACEH

Siti Kurnia Parna¹, Khairunnisa^{1}, Irma Dewiyanti¹, Sofyatuiddin Karina¹, Sri Agustina¹, Harum Farahisah¹*

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh, Indonesia.
Correspondence: knisa@usk.ac.id

ABSTRACT

Fish A study was conducted to analyze the presence of heavy metals—mercury (Hg), manganese (Mn), and copper (Cu)—in sediments impacted by coal waste along the coastal areas of West Aceh. The research aimed to determine the concentrations of these metals and assess the sediment grain size at three beaches: Peunaga Pasie, Peunaga Rayeuk, and Peunaga Cot Ujung, located in Meureubo District, West Aceh Regency. The study was carried out in March 2024. Samples were collected using the purposive sampling method, with sediment cores taken to a depth of 10 cm at three stations. The analysis of metal concentrations was performed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) at the Environmental Laboratory of the Chemical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Syiah Kuala University. The results revealed that mercury (Hg) was not detected (<0.0001 mg/kg) at any of the stations. Copper (Cu) concentrations ranged from 2.677 to 3.249 mg/kg, remaining below the quality standard of 65 mg/kg. However, manganese (Mn) levels, ranging from 19.64 to 23.43 mg/kg, exceeded the Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC) quality standard of 5 mg/kg. Grain size analysis, conducted using the sieving method, identified the sediments at all stations as fine sand. These findings highlight the potential environmental risks associated with manganese pollution and provide baseline data for further monitoring and management of coastal sediments in the region.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 10 013 2024

First Revised 10 018 2024

Accepted 11 004 2024

First Available online 12 031 2024

Publication Date 12 001 2024

Keyword:

*Atomic Absorption
Spectrophotometer (AAS),
heavy metal, sediment,
mercury (Hg), manganese (Mn),
copper (Cu)*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Aceh Barat merupakan bagian wilayah pantai barat dan selatan dengan luas wilayah 2.927,95 km². Kabupaten Aceh Barat terletak di pesisir barat Provinsi Aceh tepatnya

DOI: <https://doi.org/10.17509/ijom.v2i1.32913>

p-ISSN: 2722-1946 , e-ISSN: 2722-4260

di perairan Barat Selatan. Panjang garis pantainya mencapai 54,84 km² dan luas wilayah perairan lautnya mencapai 37,18/957,38 km² (DKP Aceh Barat 2017). Kawasan pesisir Aceh Barat termasuk kawasan industri yang meliputi industri pengolahan batu bara, industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), dan industri penambangan emas (Ukhkhty *et al.*, 2020). Aktivitas tersebut menimbulkan berbagai masalah diantaranya adalah pencemaran yang disebabkan oleh tumpahan batu bara yang diangkut oleh kapal tongkang milik dua perusahaan tambang. Tumpahan batu bara tersebut membawa masuk logam berat yang membahayakan bagi lingkungan dan makhluk hidup karena ketidakmampuan melakukan degradasi secara alami dan sebagian besar akan terakumulasi dalam air, sedimen, dan tubuh organisme (Adhi *et al.*, 2021).

Limbah batu bara dapat mengandung logam berat seperti merkuri (Hg), mangan (Mn) dan tembaga (Cu) (Marissa, 2021). Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan sulit terurai. Selain terkonsentrasi pada air, logam berat juga akan mengendap pada sedimen (Natsir *et al.*, 2019). Kandungan logam berat yang berasal dari tumpahan batu bara di perairan Meulaboh dapat berdampak terhadap kesehatan manusia. Apabila seseorang mengkonsumsi ikan di laut yang sudah terkontaminasi dengan logam berat, maka dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti menyerang saraf dan dapat mempengaruhi kecerdasan atau IQ anak-anak (Teuku, 2023). Selain itu, logam berat yang terkumpul dalam tubuh dapat menyebabkan berbagai penyakit kronis.

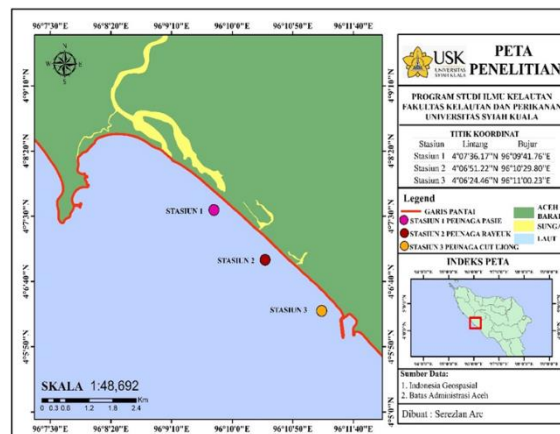
Penelitian mengenai kandungan logam berat merkuri (Hg), mangan (Mn), tembaga (Cu) pada sedimen telah dilakukan pada beberapa wilayah di Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Masykury *et al.* 2023), kandungan merkuri (Hg) pada sampel sedimen Kawasan Konservasi Batang Kuantan menunjukkan bahwa kandungan merkuri (Hg) tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 0,113 mg/kg, belum melewati batas baku mutu yang ditetapkan oleh ANZECC sebesar 0,15 mg/kg. Hasil Penelitian yang dilakukan Irwan *et al.* (2021), kandungan logam mangan (Mn) pada sedimen dikawasan pantai Peunaga Pasie, Aceh Barat berkisar antara 420,53 mg/L sampai 618,82 mg/L telah melewati batas baku mutu berdasarkan ketentuan oleh ANZECC maupun oleh US EPA. Sementara itu, hasil penelitian yang dilakukan (Warni *et al.* 2017) kandungan logam tembaga (Cu) pada sedimen Pelabuhan Jetty Meulaboh tertinggi terdapat di Stasiun 3 sebesar 288,7 mg/kg telah melewati batas baku mutu berdasarkan ketentuan oleh ANZECC.

Kajian dan informasi ilmiah lainnya mengenai analisis logam berat merkuri (Hg), mangan (Mn) dan tembaga (Cu) masih sangat terbatas dilakukan terutama di kawasan Pantai Aceh Barat. Menyadari akan bahayanya pencemaran yang disebabkan adanya kandungan logam berat yang berlebihan di lingkungan perairan, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kandungan logam berat merkuri (Hg), mangan (Mn), tembaga (Cu) pada sedimen yang tercemar limbah batu bara di Pantai Aceh Barat diantaranya Pantai Peunaga Pasi, Pantai Peunaga Rayeuk, dan Pantai Peunaga Cot Ujung.

2. METODE

Lokasi dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-April 2024. Lokasi penelitian dilakukan di Pantai Peunaga Pasie, Pantai Peunaga Rayeuk dan Pantai Peunaga Cot Ujung (Gambar 3.1) Kecamatan Meurebo, Kabupaten Aceh Barat. Analisis sampel logam berat sedimen dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala. Analisis ukuran butir sedimen dilakukan di Laboratorium Biologi Laut, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala.



Gambar 1. Peta Penelitian

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel sedimen di setiap stasiun menggunakan pipa paralon dengan kedalaman pengambilan 10 cm (Kristianto et al., 2021). Sampel dimasukkan kedalam plastik sampel dan diberi nama sesuai stasiun. Sampel sedimen yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

Analisa Data

Logam berat

Data yang dianalisis dalam penelitian ini berasal dari alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menjelaskan nilai absorbansi dan nilai konsentrasi Hg, Mn dan Cu. Rumus yang digunakan untuk menentukan kandungan logam Hg adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar logam (mg/kg)} = \frac{C_{\text{reg}} \times P \times V}{G}$$

Keterangan:

C_{reg} = Konsentrasi terbaca ($\mu\text{g/l}$)

P = Faktor pengenceran

G = Berat sampel (kg)

V = Volume larutan sampel (L)

Nilai kandungan Hg, Mn dan Cu pada sedimen selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC,2000). Nilai baku mutu dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Nilai Baku Mutu Logam Berat pada sedimen berdasarkan ANZECC

No	Jenis Logam Berat	Nilai Baku Mutu
1.	Merkuri (Hg)	0,15 mg/kg
2.	Mangan (Mn)	5 mg/kg
3.	Tembaga (Cu)	65 mg/kg

Ukuran Butir Sedimen

Sampel sedimen yang sudah diambil, lalu dianalisis dan diidentifikasi untuk mengetahui jenis-jenis fraksi berdasarkan ukuran. Perhitungan persentase berat persen sedimen dapat dilihat dari masing-masing fraksi sedimen menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase berat (\%)} = \frac{\text{berat fraksi } i}{\text{berat total sampel}} \times 100\%$$

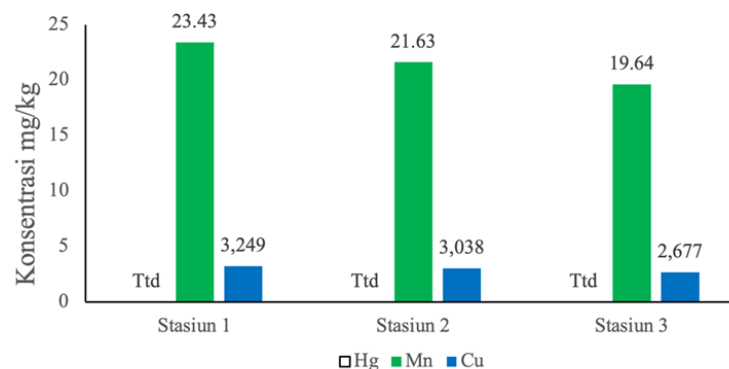
Keterangan:

berat fraksi i = berat tiap-tiap fraksi ukuran butir (g)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Logam Berat Merkuri (Hg), mangan (Mn) dan tembaga (Cu)

Hasil analisis kandungan logam berat dengan menggunakan AAS, menunjukkan kandungan logam mangan (Mn) sebesar 19,64 – 23,43 mg/kg, logam tembaga (Cu) sebesar 2,677 – 3,249 mg/kg terdapat pada sedimen di pesisir Aceh Barat. Sementara itu, kandungan logam merkuri (Hg) tidak terdeteksi pada batas alat AAS karena dibawah nilai <0,0001 mg/kg. Perbandingan hasil analisis kandungan logam berat Merkuri (Hg), mangan (Mn), dan tembaga (Cu) pada sedimen yang tercemar oleh limbah batu bara di wilayah pesisir Aceh Barat tepatnya di Pantai Peunaga Pasie, Pantai Peunaga Rayeuk, dan Pantai Peunaga Cot Ujung, Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Batang Hasil Analisis Logam Berat Merkuri (Hg), mangan (Mn) dan tembaga (Cu)

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa Kandungan logam berat Mn di stasiun 1 sebesar 23,43 mg/kg lebih tinggi daripada stasiun 3 yaitu sebesar 19,64 mg/kg. Sedangkan, kandungan logam berat Cu di stasiun 1 sebesar 3,249 mg/kg lebih tinggi daripada stasiun 3 sebesar 2,677 mg/kg. Kandungan logam berat Mn pada sedimen lebih tinggi daripada kandungan logam berat Hg dan Cu. Kandungan Mn sebesar 19,64 – 23,43 mg/kg telah melewati batas baku mutu dan kandungan Cu sebesar 2,677 – 3,249 mg/kg belum melewati batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC, 2000). Hasil analisis kandungan logam berat Hg, Mn, dan Cu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kandungan Hg, Mn, Cu berdasarkan ANZECC (2000)

Parameter Uji	Hasil Uji Sedimen (mg/kg)			Baku Mutu
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	ANZECC (2000)
Hg	Ttd	Ttd	Ttd	0,15 mg/kg
Mn	23,43	21,63	19,64	5 mg/kg
Cu	3,249	3,038	2,677	65 mg/kg

*Ttd (tidak terdeteksi)

Hasil analisis jenis sedimen berdasarkan klasifikasi skala [Wentworth \(1922\)](#) dapat dilihat dalam Tabel 3. Berat fraksi sedimen tertinggi terdapat pada ayakan ukuran 125 μm di setiap stasiun. Persentase berat fraksi sedimen pada stasiun 1 sebesar 79,155%, stasiun 2 sebesar 79,81% dan stasiun 3 sebesar 66,67%. Dari hasil persentase berat fraksi sedimen didapatkan bahwa kategori sedimen termasuk dalam kategori pasir halus berdasarkan skala klasifikasi batuan sedimen klasik ([Wentworth, 1992](#)).

Tabel 3. Persentase Berat Fraksi Sedimen

Stasiun	Persen Berat Fraksi Sedimen (%)							Total (%)	Kategori Sedimen
	2 mm	1 mm	500 μm	250 μm	125 μm	63 μm	38 μm		
1	0,025	0,07	0,435	14,39	79,155	5,94	-	100	Pasir Halus
2	0,02	0,075	0,545	8,83	79,81	10,72	-	100	Pasir Halus
3	0,31	0,4	1,36	6,015	66,67	25,245	-	100	Pasir Halus

Pengujian regresi linier sederhana pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan variabel independen (fraksi sedimen) terhadap variabel dependen (Mn dan Cu). Hasil analisis regresi linier fraksi sedimen terhadap kandungan logam berat Mn diperoleh nilai *R square* sebesar 0,655 dan nilai korelasi sebesar 0,809. Sementara itu, kandungan logam berat Cu diperoleh nilai *R square* sebesar 0,844 dan nilai korelasi sebesar 0,919.

3.2 Pembahasan Analisis Logam Berat Merkuri (Hg), mangan (Mn) dan tembaga (Cu)

Konsentrasi logam mangan (Mn) tertinggi ditemukan pada stasiun 1, yang diduga akibat belum dilakukannya pembersihan limbah batu bara di area tersebut. Selain itu, lokasi ini berdekatan dengan muara sungai yang kerap menjadi tempat pembuangan limbah dari berbagai aktivitas, termasuk tumpahan minyak dari lalu lintas kapal nelayan. [Indra et al. \(2020\)](#) menyatakan bahwa aktivitas seperti pembuangan limbah rumah tangga dan pergerakan kapal nelayan maupun kapal pabrik dapat meningkatkan kadar mangan (Mn) di lingkungan perairan. [Yusnita \(2016\)](#) juga menyebutkan bahwa batu bara umumnya mengandung elemen kimia seperti Mn, Pb, Cu, Hg, dan S.

Kandungan logam berat tembaga (Cu) di setiap stasiun lebih rendah dari batas baku mutu yang ditetapkan oleh [ANZECC \(2000\)](#), yaitu 65 mg/kg. Rendahnya kadar Cu kemungkinan dipengaruhi oleh sirkulasi air yang baik di kawasan Pantai Peunaga Pasie, Pantai Peunaga Rayeuk, dan Pantai Peunaga Cot Ujung. Arus yang cukup kuat di kawasan ini membantu proses pengenceran dan pengangkutan logam berat. [Rahmawati et al. \(2015\)](#) menegaskan bahwa sirkulasi air laut yang baik berperan penting dalam menurunkan konsentrasi logam berat pada sedimen.

Analisis kandungan merkuri (Hg) pada sedimen menunjukkan bahwa Hg tidak terdeteksi ($<0,0001$ mg/kg) di seluruh stasiun pengamatan. [Yusnita \(2016\)](#) mengungkapkan bahwa batu bara biasanya mengandung Hg, namun volatilitas tinggi logam ini dapat menyebabkan penguapan ke atmosfer. [Umasugi et al. \(2023\)](#) menyebutkan bahwa merkuri memiliki tingkat volatilitas tertinggi dibandingkan logam lainnya. Saat ini, belum ada penelitian yang mengidentifikasi secara pasti durasi waktu pengendapan atau akumulasi Hg dalam sedimen.

Ukuran butir sedimen juga memengaruhi konsentrasi logam berat. Sedimen dengan kandungan mineral lempung (*clay*) dan bahan organik cenderung memiliki kemampuan lebih besar untuk mengakumulasi logam berat karena sifatnya yang dapat mengikat logam ([Nurhamiddin et al., 2018](#)). Pengukuran di Pantai Peunaga Pasie, Pantai Peunaga Rayeuk, dan Pantai Peunaga Cot Ujung menunjukkan bahwa sedimen di ketiga lokasi tersebut tergolong pasir halus. Tipe sedimen ini umumnya ditemukan di daerah pantai karena pengaruh arus, di mana partikel kecil terbawa ke laut, sedangkan partikel besar terendapkan di pantai ([Situmorang et al., 2010](#)).

Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan bahwa fraksi sedimen memiliki hubungan erat terhadap kandungan logam Mn, dengan nilai *R square* sebesar 0,655 atau sebesar 65,5%, sementara 34,5% dipengaruhi oleh faktor lain. Korelasi antara fraksi sedimen dan Mn sebesar 0,809, termasuk kategori hubungan sangat kuat. Untuk Cu, nilai *R square* mencapai 0,844 atau 84,4%, dengan korelasi 0,919, juga tergolong sangat kuat. Ukuran butir sedimen pasir lebih besar dibandingkan sedimen lanau atau lempung, namun partikel halus cenderung lebih efektif dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat ([Liang et al., 2019](#)). Hal ini disebabkan oleh luas permukaan yang lebih besar dan stabilitas ion yang lebih baik pada sedimen berbutir halus ([Maslukah, 2013](#); [Nst et al. 2012](#)) juga menegaskan bahwa sedimen halus memiliki kemampuan lebih tinggi untuk mengikat logam berat dibandingkan sedimen kasar, sejalan dengan pendapat [Kamaruzzaman et al. \(2009\)](#) yang menyatakan semakin kecil ukuran butir sedimen, semakin tinggi potensi akumulasi logam beratnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam berat mangan (Mn) pada sedimen di pantai Peunaga Pasie, pantai Peunaga Pasie dan pantai Peunaga rayeuk, Aceh Barat sebesar 19,64 - 23,43 mg/kg telah melewati batas baku mutu yaitu sebesar 5 mg/kg dan kandungan logam tembaga (Cu) sebesar 2,677 – 3,249 mg/kg belum melewati batas baku mutu yaitu sebesar 65 mg/kg yang telah ditetapkan oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* ([ANZECC, 2000](#)). Sedangkan, kandungan logam berat merkuri (Hg) tidak terdeteksi di setiap stasiun ($<0,0001$ mg/kg). Hasil analisis ukuran butir sedimen menunjukkan bahwa ukuran butir sedimen di setiap stasiun adalah pasir halus.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, N., Irdhawati., Agatha NS. 2021. Kandungan total logam pb dalam air dan sedimen serta bioavailabilitas di Pantai Kedongan Bali. *Cakra Kimia Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 2(8):91-99.
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Aceh Barat. 2017. Data Perairan Aceh Barat.
- Indra, Armid A, Takwir A. 2020. Distribusi Logam Berat Mangan (Mn) Pada Air Laut Permukaan Di Perairan Teluk Staring Sulawesi Tenggara. Februari 2020, Vol.5(1):89-98
- Irwan I, Karina S, Kurniawan B. 2021. Analisis Logam Mangan (Mn) Pada Sedimen Di Kawasan Pantai Peunaga Pasie, Aceh Barat. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia*. Vol. 1(2): 48-51.
- Kristianto, D., Warsidah, W., & Nurdiansyah, I. (2021). Kandungan Logam Berat Merkuri (H) Dan Timbal (Pb) Pada Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Dan Sedimen Di Wilayah Mangrove Kuala Singkawang Kalimantan Barat. *Jurnal Teknosains Kodepena*, 1(2), 64-73.
- Liang J., Liu J., Xu G. & Chen B. 2019. Distribution and Transport of Heavy Metals in Surface Sediments of The Zhejiang Nearshore Area, East China Sea: Sedimentary Environmental Effects. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 542-551. [doi : 10.1016/j.marpolbul.2019.07.001](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.001)
- Marissa Kartika Dewi. 2021. Pencemaran Laut Akibat Tumpahan Batu Bara Di Laut Meulaboh Ditinjau Dari Sudut Hukum Lingkungan. Juli 2021, Vol. 6, No. 2
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsestrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butirdalam Sedimen di Estuari banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. 2:55-62.
- Masykury, R., & Syandri, H. (2023). Kontaminasi Logam Berat Di Kolom Air, Sedimen Dan Daging Ikan Ngongai (*Bagarius Bagarius*) Di Kawasan Konservasi Batang Kuantan Sijunjung. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(4), 381-399.
- Nurhamiddin, F., & Ibrahim, M. H. (2018). Studi pencemaran logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada sedimen laut di Pelabuhan Bastiong Kota Ternate Propinsi Maluku Utara. *Dintek*, 11(1), 41-55.
- Natsir, H., Yoga, G. P., & Darusman, L. K. (2012). Hubungan Karakteristik Sedimen Dasar Terhadap Kandungan Merkuri Akibat Pertambangan Emas Tanpa Ijin (Peti) Pongkor-Kab. Bogor. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 2(2), 19-23.
- Rahmawati, S., & Wardiatno, Y. (2015). Pengaruh sirkulasi air laut terhadap konsentrasi logam berat di sedimen perairan pantai Cilacap. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 6(3), 105-112.
- Situmorang, S. P., Sanusi, H. S., & Arifin, Z. (2010). Geokimia Logam Berat (Pb, Cr, dan Cu) dalam Sedimen dan Potensi Ketersediaannya pada Biota Bentik di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. *Ilmu Kelautan*, 2, 415-425.
- Teuku, D.I. 2023. Tumpahan Batubara di Laut Aceh Barat Bahayakan Lingkungan. ANTARAACEH. Meulaboh, Aceh.8(6)
- Ukhty N, Nufus H, Rozi A, Khairi I. 2020. Studi kandungan logam berat pada kerang lokan (*Geloina erosa*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 23(1): 77-85.

- Warni, D., Karina S., Nurfahillah. 2017. Analisis logam Pb, Mn, Cu, dan Cd pada sedimen di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(2):246–253.
- Yusnita. 2016. Karakteristik dan kandungan logam berat dalam batubara. Indo. J.