

KANDUNGAN LOGAM BERAT NIKEL (Ni) PADA AIR LAUT DI PERAIRAN DESA SANGI-SANGI

HEAVY METAL CONTENT OF NICKEL (Ni) IN SEA WATER IN THE WATERS OF SANGI-SANGI VILLAGE

Nurfadilah, Emiyarti, Ratna Diyah Palupi*

Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo.
Jl. H.E.A. Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232, Telp/Fax: (0401) 3193782.

*Surel : ratna_dp@uho.ac.id

Diterima: 28 Maret 2024; Disetujui: 18 Mei 2024

Abstrak

Nikel merupakan salah satu jenis logam berat yang berwarna putih keperakan, yang dapat masuk ke badan perairan melalui sumber alami dan antropogenik yang terkait dengan aktivitas manusia seperti pelayaran, pertambangan dan limbah perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat nikel pada air laut dan mengetahui pengaruh parameter oseanografi terhadap kandungan logam berat nikel pada air laut. Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Sangi-Sangi pada bulan November 2022 dengan tujuh titik stasiun penelitian. Metode pengambilan sampel air laut dan pengukuran parameter oseanografi dilakukan secara *in situ* dan analisis kandungan logam berat nikel menggunakan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil dari penelitian ini menunjukkan konsentrasi logam berat nikel dengan nilai rata-rata 0,0128 mg/L dengan konsentrasi terendah berada pada stasiun 5 dengan nilai 0,009 mg/L, dan konsentrasi tertinggi berada pada stasiun 7 dengan nilai 0,018 mg/L. Hasil pengukuran parameter oseanografi perairan diperoleh kisaran yaitu kecepatan arus 0,05-0,20 m/s, suhu 30-31°C, Salinitas 23-25 ppt, dan pH 6-7. Kandungan logam berat nikel pada air laut masih dibawah ambang batas baku mutu logam berat nikel pada air laut peruntukan biota laut berdasarkan keputusan menteri lingkungan hidup no 51 tahun 2004. Parameter oseanografi yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat nikel di perairan Desa Sangi-Sangi yaitu salinitas.

Kata kunci: Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), Desa Sangi-Sangi, Logam Berat, Nikel (Ni).

Abstract

Nickel is a type of heavy metal that is silvery white in color, which can enter water bodies through natural and anthropogenic sources related to human activities such as shipping, mining and urban waste. This research aims to determine the heavy metal nickel content in sea water and determine the influence of oceanographic parameters on the heavy metal nickel content in sea water. This research was carried out in Sangi-Sangi Waters in November 2022 at seven research stations. The method for taking seawater samples and measuring oceanographic parameters was carried out *in situ* and analysis of nickel heavy metal content using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) instrument. The results of this research show the concentration of the heavy metal nickel with an average value of 0.0128 mg/L with the lowest concentration being at station 5 with a value of 0.009 mg/L, and the highest concentration being at station 7 with a value of 0.018 mg/L. The results of measuring oceanographic parameters of the waters obtained a range of current speed of 0.05-0.20 m/s, temperature of 30-31°C, salinity of 23-25 ppt, and pH of 6-7. The content of nickel heavy metal in sea water is still below the quality standard threshold for nickel heavy metal in sea water for use in marine biota based on Minister of Environment Decree No. 51 of 2004. The oceanographic parameter that has the most influence on the concentration of nickel heavy metal in the waters of Sangi-Sangi Village is salinity.

Keywords: Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), Sangi-Sangi Village, Heavy Metals, Nickel (Ni).

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang banyak ditemukan di perairan yang banyak berasal dari limbah industri dan limbah perkotaan. Pencemaran logam berat dalam air perlu mendapat perhatian yang serius, karena dapat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila terserap dan terakumulasi dalam tubuh, bahkan pada beberapa kasus tertentu menyebabkan kematian (Ratno *dkk.*, 2013). Salah satu contoh logam berat yang cukup banyak ditemui di perairan adalah nikel.

Nikel merupakan salah satu jenis logam berat yang secara fisik berwarna putih keperakan, yang dapat masuk ke badan perairan melalui sumber alami dan antropogenik. Sumber alami yang berasal dari alam dengan kadar yang relatif kecil, sumber-sumber alam berasal dari gunung berapi, debu tanah dan kebakaran hutan. Sumber antropogenik yang terkait dengan aktivitas manusia seperti pelayaran, pertambangan dan limbah perkotaan (Achyani *dkk.*, 2013).

Desa Sangi-Sangi merupakan salah satu wilayah pesisir yang terletak di Kecamatan Laonti, yang memiliki cadangan sumber daya

mineral berupa nikel. Pada kawasan Perairan Desa Sangi-Sangi, terdapat satu perusahaan yang menjalankan operasionalnya dan bergerak dibidang penambangan pasir nikel. Aktivitas utama masyarakat di Desa Sangi-Sangi disamping sebagai nelayan tangkap, sebagiannya berprofesi sebagai petani, budidaya rumput laut, karyawan tambang, pedagang dan lainnya.

Sistem penambangan yang diterapkan pada penambangan nikel di Desa Sangi-Sangi adalah sistem penambangan terbuka (*Open Pit Mining*), Penambangan dengan sistem tambang terbuka dilakukan dengan cara pengupasan tanah penutup bahan tambang. Tanah penutup dikeluarkan dari areal tambang dan bahan tambang digali dan diangkut keluar. Menurut Subowo (2011), sistem penambangan seperti ini akan mengubah bentuk lahan secara masif serta masuknya material-material padat ke perairan apabila berada di daerah pesisir. Dalam aktivitasnya perusahaan tersebut bersinggungan langsung dengan pesisir laut dan banyak menggunakan alat-alat berat dalam proses mengolah bahan baku serta menggunakan kapal-kapal muatan untuk mengangkut bahan baku sehingga diduga menimbulkan polutan berupa logam berat perairan.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Ivo (2021), yang menyatakan bahwa sumber pencemaran logam berat nikel berasal dari tumpahan pasir nikel atau kemungkinan dari kegiatan pengoperasian kapal. Miartiska dan Azizah (2015) mengatakan bahwa, sumber pencemaran nikel di perairan berasal dari limbah industri nikel, limbah rumah tangga dan pertambangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat nikel pada air laut serta mengetahui bagaimana pengaruh parameter oseanografi terhadap kandungan logam berat nikel pada air laut diperairan Desa Sangi-Sangi Kecamatan Laonti.

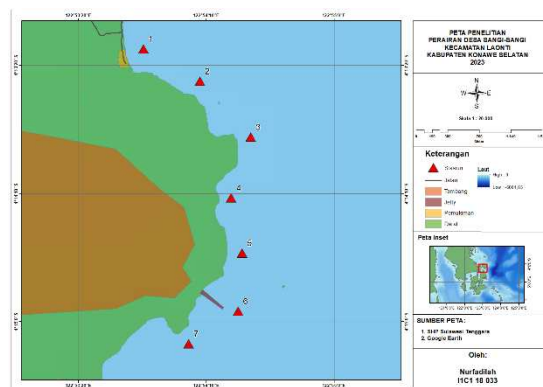
METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022. Pengambilan sampel air laut dilakukan di Perairan Desa Sangi-sangi, Kecamatan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan. Selain itu, analisis konsentrasi logam berat nikel dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dilakukan di

Laboratorium Nano Teknologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo Kendari.

Survey pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian dan sebagai rujukan dalam menentukan titik sampling yang dianggap mewakili keberadaan logam berat nikel pada air di Perairan Desa Sangi-Sangi. Pengambilan sampel dan data lapangan meliputi sampel air serta parameter oseanografi perairan meliputi kecepatan arus, suhu air, pH air dan salinitas air.

Sampel air diambil dari permukaan air hingga kedalaman ± 50 cm, kemudian sampel air diberi asam kuat dalam hal ini H_2SO_4 hingga $pH < 2$ untuk dapat mengikat logam dalam air. Analisis sampel air untuk mengetahui konsentrasi logam berat nikel menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Dalam metode ini dimanfaatkan kemampuan atom dalam menyerap gelombang cahaya yang spesifik (Beaty dan Kerber, 1993).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Analisis data yang digunakan adalah dengan menggunakan rumus yang mengacu pada BSNI 6989.8:2004 sebagai berikut :

$$\text{Kadar Logam (mg/L)} = C \times fp$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C &= \text{Konsentrasi Terbaca (mg/L)} \\ fp &= \text{Faktor Pengenceran} \end{aligned}$$

Standar ambang batas kadar logam berat nikel pada air menggunakan standar baku mutu air bagi biota laut pada KMNLH No. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut yaitu 0,05 mg/L.

Adapun metode yang digunakan untuk mengetahui pengaruh parameter oseanografi

terhadap kandungan logam berat nikel (Ni) adalah menggunakan metode analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (2007) metode analisis deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul. Metode deskriptif yang digunakan pada penelitian ini adalah untuk mendeskriptifkan variabel bebas dan variabel terikat dalam hal ini yaitu parameter oseanografi dan logam berat nikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium yang telah dilakukan, kandungan nikel pada air di Perairan Desa Sangi-Sangi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai kandungan logam berat nikel pada air laut.

Stasiun	Nikel (mg/L)	Baku Mutu* (mg/L)	Keterangan
1	0,012		
2	0,010		
3	0,013		
4	0,011	0,05	Dibawah ambang batas
5	0,009		
6	0,016		
7	0,018		

Keterangan (*) : Standar Baku Mutu Logam Berat Nikel (Ni) Pada Air Laut Peruntukan Biota Laut Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.

Tabel diatas menunjukkan bahwa kandungan logam berat nikel dalam air berada pada kisaran 0,009-0,018 ppm. Berdasarkan kriteria ambang batas nikel dalam air menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, kandungan nikel pada air laut di Perairan Desa Sangi-Sangi pada semua titik sampling berada dibawah ambang batas baku mutu sebesar 0,05 ppm.

Hasil pengamatan menunjukkan terdapat perbedaan kandungan nikel dalam air laut di setiap stasiun. Stasiun 7 dengan kandungan logam berat 0,018 mg/L dan Stasiun 6 dengan nilai kandungan logam nikel di perairan sebesar 0,016 mg/L, merupakan stasiun dengan kandungan logam berat tertinggi di perairan ini. Tingginya kandungan

logam berat pada stasiun ini karena stasiun ini merupakan tempat keluar masuknya kapal yang bersandar dipelabuhan, jalur pelayaran serta aktivitas bongkar muat nikel. Hal inilah yang kemungkinan menyebabkan stasiun tersebut, memiliki kadar kandungan nikel dalam air yang lebih tinggi dibanding stasiun lainnya. Hal ini berdasarkan pernyataan Hikmatul (2014), bahwa kontribusi terbesar konsentrasi logam berat berasal dari masukan aktivitas masyarakat dan kegiatan penambangan di sekitar lingkungan perairan. Ana (2010), mengatakan bahwa logam berat diperaian kebanyakan disebabkan oleh sumber antropogenik yang terkait dengan aktivitas manusia seperti pelayaran, pertambangan dan limbah perkotaan.

Penelitian yang dilakukan Sarianto *dkk.* (2016), melakukan pengamatan kandungan nikel di perairan sekitar lokasi tambang menunjukkan hasil yang tinggi. Penelitian tersebut menemukan beberapa lokasi mengandung nikel di atas ambang batas. Kandungan nikel diamati melalui sampel air dan sedimen kawasan perairan.

Stasiun 1, 2, 3, 4 dan 5 memiliki nilai kandungan logam berat nikel yang tidak terlalu jauh yaitu 0,009-0,013 mg/L, hal ini dikarenakan stasiun tersebut berdekatan, dimana arus dapat menyebarkan partikel logam ke stasiun tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Amin *dkk.* (2011), yang mengatakan bahwa logam akan terbawa oleh arus sehingga logam berat yang terdapat pada air laut dapat berpindah tempat dan bergerak bebas.

Menurut Adam dan Maftuch (2015), peningkatan kadar nikel dalam air terjadi karena masuknya limbah yang mengandung nikel ke perairan. Tingginya konsentrasi logam Ni dalam lingkungan perairan dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti aktivitas manusia yang menghasilkan beberapa limbah rumah tangga (Wali, 2020). Stasiun 1 dengan nilai kandungan logam berat nikel 0,012 mg/L, merupakan stasiun yang paling dekat dengan pemukiman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hariyanti *dkk.* (2021), menyatakan bahwa aktivitas yang terjadi di darat dapat memberikan pengaruh terhadap nilai logam

berat pada stasiun ini. Wilayah pesisir memiliki risiko tinggi terhadap potensi pencemaran karena menjadi tempat akhir pembuangan berbagai jenis limbah yang mengandung logam berat, termasuk nikel ke dalam laut.

Lingkungan pesisir tercemar karena pemukiman manusia yang begitu pesat berkembang, pariwisata dan kegiatan pelabuhan (Jonathan, 2009). Stasiun 2 dengan kandungan logam berat nikel 0,010 mg/L, berada pada area wisata pantai, menurut Farid (2007), kegiatan pariwisata di wilayah sekitar pantai merupakan sumber pencemaran yang nyata. Aktivitas-aktivitas ini akan menghasilkan limbah yang dapat memicu meningkatnya pencemaran perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Stasiun 3 dengan nilai kandungan logam berat nikel 0,013 mg/L, terletak pada sekitar area tenggelamnya kapal bermuatan pasir nikel, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syarifuddin (2022), tumpahan pasir nikel di Wilayah Perairan Morowali terindikasi menyebabkan pencemaran, peningkatan kandungan logam dan kerusakan lingkungan.

Secara langsung, dalam keseharian kita beranggapan bahwa logam diidentikkan dengan besi yang padat, berat, keras dan sulit dibentuk (Palar, 2004). Stasiun 4 dengan nilai kandungan logam berat nikel 0,011 mg/L, berada pada sekitaran area parkir kapal tongkang, kandungan logam berat diduga berasal dari perkaratan kapal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Bridiatama (2014), yang menyatakan bahwa keberadaan besi dalam air laut juga dapat bersumber dari perkaratan kapal dan tiang-tiang pancang pelabuhan yang mudah berkarat.

Kandungan logam berat Ni pada Stasiun 5 memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan stasiun lainnya yaitu 0,009 mg/L, hal ini diduga pada stasiun ini kurang memiliki aktivitas yang dapat menimbulkan cemaran logam berat nikel, sesuai dengan pernyataan Adidharma dkk. (2021), bahwa kurangnya aktivitas dan sumber logam berat dapat mengurangi kemungkinan masuknya logam berat dalam perairan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Parameter Oseanografi.

Stasiun	Parameter				Kandungan Ni (mg/L)
	Kecepatan arus (m/s)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Salinitas (ppt)	pH	
1	0,10	31	25	6	0,012
2	0,20	31	25	6	0,010
3	0,10	30	23	6	0,013
4	0,09	31	24	7	0,011
5	0,05	31	23	7	0,009
6	0,09	31	25	7	0,016
7	0,08	31	24	7	0,018

Berdasarkan hasil pengukuran parameter oseanografi di Perairan Sangi-Sangi diperoleh nilai kecepatan arus berkisar antara 0,05-0,20 m/s, arus pada perairan ini termasuk kategori arus sangat lambat-lambat. Menurut Ma'rifah dkk., (2016) arus permukaan berpengaruh terhadap akumulasi logam berat, semakin rendah kecepatan arus maka akumulasi logam pada air laut akan semakin kecil karena logam berat akan cenderung mengendap ke substrat.

Suhu berkisar antara 30-31 $^{\circ}\text{C}$, nilai tersebut masih memenuhi syarat menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 berkisar antara 28-32 $^{\circ}\text{C}$. Suhu pada perairan ini juga masih, di kisaran suhu air permukaan di perairan Indonesia yang pada umumnya berkisar antara 28-31 $^{\circ}\text{C}$ (Nontji, 2002). Suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan, peningkatan suhu dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan (Sukoasih dan Widiyanto, 2016). Suhu yang semakin tinggi di perairan maka cenderung dapat meningkatkan kelarutan dan akumulasi logam berat. Sedangkan suhu yang semakin rendah (dingin) akan memudahkan logam mengendap di sedimen (Pratiwi dkk., 2014).

Nilai salinitas berkisar antara 23-25 ppt, rendahnya nilai salinitas diperairan ini dipengaruhi oleh pengambilan sampel yang dilakukan setelah turun hujan. Hal ini sesuai dengan pendapat Nontji (2002), salinitas di perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor,

seperti penguapan dan curah hujan. Menurut Saraswati dan Rachmadiarti (2021), penurunan salinitas dapat menyebabkan meningkatnya akumulasi logam berat.

pH air yang berkisar antara 6-7, menurut Palar (2004) dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Penambahan disekitar pesisir akan mengakibatkan terjadinya sedimentasi. Sedimentasi cenderung berdampak negatif pada kehidupan akuatik. Sedimen dapat menghalangi cahaya matahari untuk mencapai vegetasi yang hidup di bawah permukaan air. Akibatnya, terjadi penurunan laju fotosintesis dan menurunkan kadar oksigen terlarut. Permasalahan lain yang timbul akibat berlebihnya sedimen yakni dapat tersumbatnya insang ikan dan merusak organ lain. Konsentrasi sedimen yang tinggi, secara terus-menerus dapat mendorong spesies yang lebih sensitif untuk meninggalkan daerah tersebut, sementara organisme yang toleran terhadap lumpur bergerak masuk. Berlebihnya muatan sedimen di perairan juga dapat menyebabkan kualitas air yang buruk. Selain menyebabkan keruh, sedimen dapat menaikkan temperatur air karena sedimen memiliki kapasitas menyerap panas lebih tinggi dibanding air. Jika temperatur air meningkat, maka nilai oksigen terlarut akan menurun (Muchlish dkk., 2021).

KESIMPULAN

Kandungan logam berat Nikel (Ni) pada air laut di Perairan Desa Sangi-Sangi berkisar antara 0,009-0,018 mg/L dengan nilai rata-rata 0,0128 mg/L, dimana nilai tersebut masih dibawah ambang batas standar baku mutu berdasarkan KMLH No. 51 tahun 2004. Parameter oseanografi yang paling berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat nikel di perairan Desa Sangi-Sangi yaitu salinitas.

Penelitian ini hanya terbatas pada air laut, untuk itu perlu dilakukan penelitian

lanjutan dengan analisis yang lebih banyak tentang konsentrasi logam berat pada sedimen dan biota sebagai indikator pencemaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Achyani, R., Weliyadi, E. P. dan Rismawati. 2013. Analisis dan Evaluasi Kontaminasi Logam Berat di Sedimen, Air dan Rumput Laut *Euchema cottoni* di Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*. 6(1):1-11.
- Adam, M.A. dan Maftuch, M. 2015. Evaluasi Optimasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Terhadap Pencemaran Sungai Wangi Pasuruan. *J. Environ. Eng. Sustain. Technol.* 2:1–5.
- Adidharma, M. A., Emiyarti dan Pratikino, A. G. 2021. Sebaran Logam Berat Nikel (Ni) Dalam Air di Perairan Kecamatan Molawe Kabupaten Konawe Utara. *Sapa Laut*. 6(14):273-280.
- Amin, B., Afriyani, E., dan Saputra M. A. 2011. Distribusi Spasial logam Pb dan Cu pada Sedimen dan Air Laut Permukaan di perairan Tanjung Buton Kanilbupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*. 2(01).
- Ana, Y.A. 2010. Analisis kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Bojonegara, Kecamatan Serang. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 1-32.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI). 2009. SNI 6989.8:2009 Air dan Air limbah 'Cara Uji Nikel (Ni) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala'. Jakarta.
- Bridiatama. 2014. Indeks Pencemaran Air Laut Pantai Utara Kabupaten Tuban dengan Parameter Logam. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- Beaty, R. D., dan Kerber, J. D. 2013. *Concepts, Instrumentation and Techniques In Atomic Absorption Spectrophotometry, Second Edition. The Perkin-Elmer Corporation. Norwal. Connecticut. USA.* 96 p.
- Farid. 2007. Desain Sistem Pengendalian Pencemaran Perairan Kota Makassar.

- Disertasi Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hariyanti, A., Jayanthi, O. W., Wicaksono, A., Kartika, A. G. D., Efendy, M., Putri, D. S., dan Rahmadani, P. A. 2021. Sebaran Logam Berat pada Air Laut Sebagai Bahan Baku Garam Di Perairan Padelegan Pamekasan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah*.
- Hikmatul, D. A. 2014. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Rumput Laut Sargassum Polycystum di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal. 1-22.
- Ivo, I. A. 2021. "Pengaruh Stockpile Penambangan Nikel Terhadap Kualitas Air Laut". *Skripsi*. Kendari: Universitas Muhammadiyah Kendari.
- Jonathan M.P. 2009. Acid leachable trace metals in sediment cores from Sunderban Mangrove Wetland, India: an approach towards regular Monitoring. *Ecotoxicology*.19:405–418.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2004. No.51 Tentang: Baku Mutu Air Laut.
- Ma'rifah, A., Siswanto, A. D. dan Romadhon, A. 2016. Karakteristik dan Pengaruh Arus Terhadap Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep. Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016 Universitas Trunojoyo Madura. Hal 82-88.
- Miaratiska, N., dan Azizah, R. 2015. Hubungan Paparan Nikel dengan Gangguan Kesehatan Kulit pada Pekerja Industri Rumah Tangga Pelapisan Logam di Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 1(1):25-36.
- Muchlish, I. A., Faisyal, S dan Sunarsih. 2021. Pengaruh Penambangan Pasir Terhadap Erosi Dan Sedimentasi Sungai (Studi Kasus di Desa Tanjung Alam Kecamatan Sei Dadap Kabupaten Asahan). *Eksergi*. 18(2).
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta. 367 Hal.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Pratiwi, A. R., Willian, N., dan Pratomo, A. 2014. Analisis kandungan logam berat Pb dan Ni terhadap lamun (*Enhalus acoroides*) sebagai bioindikator di perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjungpinang. *Jurnal Zarah*. 2(1).
- Ratno, A., Encik, W., dan Ismawati. 2013. Analisis dan Evaluasi Kontaminasi Logam Berat di Sedimen, Air dan Rumput Laut *Euchema Cottoni* di Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*. 6(1):1-12.
- Saraswati, A. R. dan Rachmadiarti, F. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Rumput Laut Di Pantai Sendang Biru Malang. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 67-76.
- Sarianto, D. Simbolon dan Wiryawan, B. 2016. Dampak Pertambangan Nikel Terhadap Daerah Penangkapan Ikan di Perairan Kabupaten Halmahera Timur. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(2).
- Subowo, G. 2011. Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan dan Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 5(2): 83-94.
- Sukoasih, A., dan Widiyanto, T. 2017. Hubungan Antara Suhu, pH Dan Berbagai Variasi Jarak Dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang Dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah. *Buletin Keslingmas*. 36(4):360-368.
- Sugiyono. 2007. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Syarifuddin, N. 2022. Pengaruh Industri Pertambangan Nikel Terhadap Kondisi Lingkungan Maritim di Kabupaten

- Morowali. *Jurnal Riset & Teknologi Terapan Kemaritiman*. 1(2).
- Wali, W., Emiyarti., dan Alirman, A. 2020. Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) pada Sedimen dan Air di Perairan Desa Tapuemea Kabupaten Konawe Utara. *Jurnal Sapa Laut*. 5(1):37-47.