

## **Analisis Kualitas Air dan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut di Perairan Pelabuhan Tanjung Emas Kota Semarang Jawa Tengah**

**Anggita Al Haris Sulistyono\*, Jusup Suprijanto, Bambang Yulianto**

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: anggitaalharis7@gmail.com

**ABSTRAK:** Pelabuhan Tanjung Emas, Semarang, Jawa Tengah termasuk ke dalam salah satu fasilitas pelabuhan di Indonesia yang menaungi beberapa industri di dalamnya. Lokasi penelitian kali ini bertempat di salah satu fasilitas pelabuhan yaitu Dermaga Nusantara yang secara umum memiliki aktivitas pelabuhan seperti bongkar muat batu bara, pasir, dan log kayu menggunakan alat berat seperti Exavator dan Wheel Loader. Adanya banyak aktivitas pelabuhan dapat dikatakan sebagai faktor yang dapat mempengaruhi keadaan atau baik buruknya air laut serta kadar timbal (Pb) pada air laut di area Dermaga Nusantara. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air laut, menganalisis kadar logam berat pada air laut dan menganalisis tindakan pencegahan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir timbulnya pencemaran laut. Analisis kualitas perairan menggunakan alat ukur thermometer digital, pH meter, DO meter, secchi disk, dan refractometer. Pengujian kandungan timbal (Pb) menggunakan alat AAS dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Hasil pengukuran suhu pada kisaran 30,5-32,2°C; nilai pH pada kisaran 6,35-7,56; nilai dissolved oxygen (DO) pada kisaran 5,22-8,51 mg/l; nilai kecerahan pada kisaran 3,18-3,52 meter; dan nilai salinitas pada kisaran 31-35 ppt. Hasil uji kandungan timbal (Pb) yaitu pada kisaran 0,390 – 0,640 mg/l. Nilai pengukuran kualitas air tersebut masih tergolong memenuhi standar baku mutu, akan tetapi pada uji kandungan timbal hasil yang didapatkan masih melebihi standar baku mutu sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 Republik Indonesia mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan.

**Kata kunci:** Kualitas Air; Atomic Absorption Spectrophotometer; Logam Berat; Timbal

### ***Analysis of Water Quality and Heavy Metal Lead (Pb) Content in Seawater in Tanjung Emas Port Waters, Semarang City, Central Java***

**ABSTRACT:** Tanjung Emas Port, Semarang, Central Java is included in one of the port facilities in Indonesia which houses several industries in it. The research location this time is located at one of the port facilities, namely the Nusantara Jetty which generally has port activities such as loading and unloading of coal, sand, and wood logs using heavy equipment such as excavators and wheel loaders. The existence of many port activities can be regarded as a factor that can influence the condition or good and bad of sea water and levels of lead (Pb) in sea water in the Nusantara Pier area. This research was conducted to determine the quality of seawater, analyze levels of heavy metals in seawater and analyze preventive measures that can be taken to minimize marine pollution. Analysis of water quality using digital thermometers, pH meters, DO meters, secchi disks, and refractometers. Testing for lead (Pb) content using the AAS tool was carried out at the Diponegoro University Environmental Engineering Laboratory. Temperature measurement results in the range of 30.5-32.2°C; pH value in the range of 6.35-7.56; dissolved oxygen (DO) value in the range of 5.22-8.51 mg/l; brightness value in the range of 3.18-3.52 meters; and salinity values in the range of 31-35 ppt. The test results for lead (Pb) content were in the range of 0.390 – 0.640 mg/l. The water quality measurement value is still classified as meeting the quality standard, but the lead content test results obtained still exceed the quality standard according to PP Number 22 of 2021 of the Republic of Indonesia concerning the Implementation of Environmental Protection and Management and Minister of Environment Decree Number 51 of 2004 concerning Port Seawater Quality Standard.

**Keywords:** Water Quality; Atomic Absorption Spectrophotometer; Heavy Metal; Lead

## PENDAHULUAN

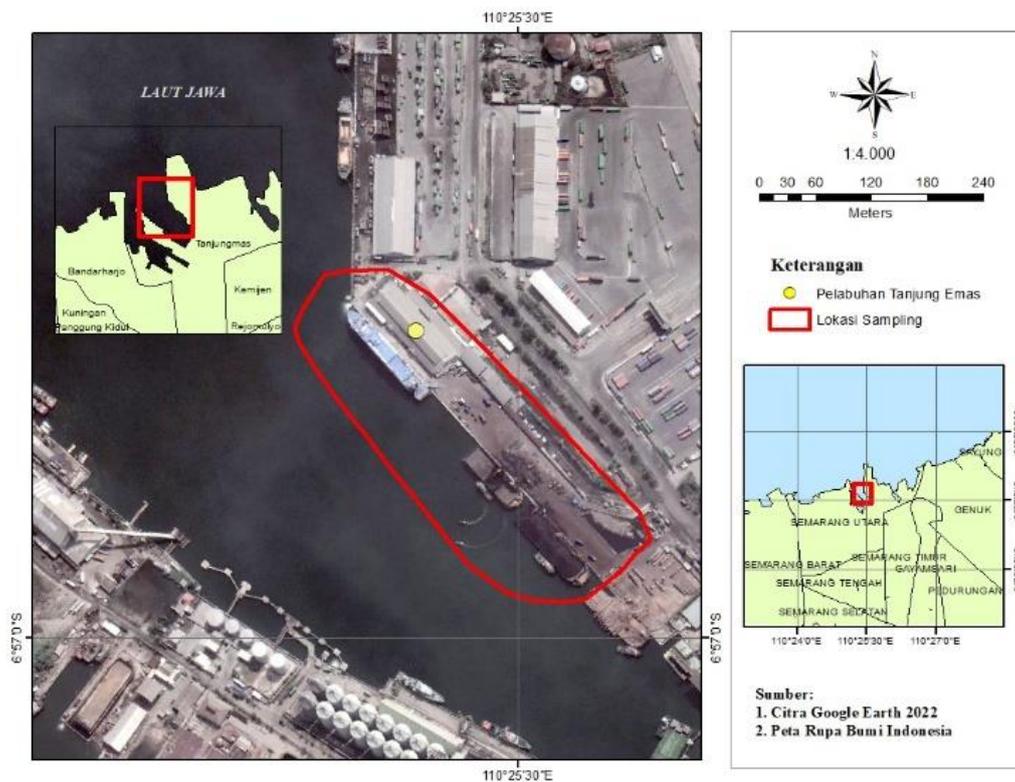
Salah satu kota di Indonesia yang berbatasan langsung dengan bagian utara Pulau Jawa adalah Kota Semarang, yang dimana Kota Semarang memiliki total luas kawasan tepi laut mencapai 37.376 hektar. Menurut Supriyantini dan Endrawati (2015), perairan Tanjung Emas Kota Semarang termasuk ke dalam lokasi pesisir yang berdekatan dengan berbagai macam kegiatan pelabuhan, kawasan industri dan pemukiman masyarakat. Banyaknya kegiatan yang berada di sekitar perairan Tanjung Emas Kota Semarang tersebut berindikasi dapat memberikan dampak terhadap kualitas air dan menimbulkan pencemaran laut. Pencemaran logam berat termasuk dalam salah satu jenis pencemaran laut yang ditimbulkan oleh kegiatan industri serta domestik dan dapat mengakibatkan penurunan kualitas air. Menurut Suryono *et al.* (2018), Logam berat merupakan salah satu jenis bahan pencemar air yang tidak dapat diuraikan di suatu ekosistem atau lingkungan. Selain itu logam berat juga dapat terakumulasi pada sedimen di suatu perairan. Bahan pencemar logam berat juga bersifat toksik atau beracun terhadap kehidupan biota air dan keseimbangan ekosistem. Menurut (Suryono dan Djunaedi, 2017), Logam timbal (Pb) termasuk dalam jenis bahan kontaminan yang sering ditemukan di lingkungan perairan.

Menurut Supriyantini dan Endrawati (2015), kegiatan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas (PLTGU), industri pakaian jadi, sektor pembuatan mesin otomatis, pengelasan kapal, budidaya perairan dan kegiatan operasional pelabuhan di wilayah perairan Tanjung Emas Kota Semarang merupakan sumber pencemaran air laut. Menurut Usman *et al.* (2015), limbah buangan kegiatan industri yang mengandung logam berat dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan. Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran kualitas air dan uji kadar timbal (Pb) pada air laut di perairan Pelabuhan Tanjung Emas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air laut, menganalisis kadar logam berat pada air laut dan menganalisis tindakan pencegahan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir timbulnya pencemaran laut. Mengingat masih banyaknya kegiatan industri dan masyarakat di perairan tersebut, maka temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pihak pelabuhan serta masyarakat sekitar dengan membantu dalam mengidentifikasi masalah pencemaran, mengevaluasi efektivitas tindakan pencegahan dan penanganan yang dilakukan serta memperbaiki praktik-praktik yang mungkin dapat mengakibatkan pencemaran laut. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung pemantauan standar lingkungan dan kepatuhan terhadap peraturan, serta memberikan informasi yang diperlukan untuk mengambil tindakan hukum jika diperlukan.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif dan alat Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) sesuai dengan SNI 6989.8:2009. Penelitian eksploratif merupakan penelitian yang bertujuan untuk mempelajari sebanyak mungkin tentang faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya suatu peristiwa. Titik penelitian ditentukan melalui survey yang telah dilakukan sebelumnya. Lokasi yang dipilih pada salah satu titik yang digunakan sebagai kunci untuk mewakili lokasi secara keseluruhan. Penentuan titik pengambilan air laut sebagai sampel berdasarkan keberadaan sumber pencemar logam berat (Pb) dan sesuai arahan dari pihak HSSE Pelabuhan Indonesia (Pelindo). Penelitian dilakukan di satu lokasi yaitu di dalam Dermaga Nusantara dengan tiga titik pengambilan sampel meliputi ujung paling utara yang berbatasan dengan area bongkar muat peti kemas, tengah yang merupakan area pelabuhan penumpang dan ujung paling selatan yang merupakan area bongkar muat batu bara, pasir dan log kayu. Setiap titik yang sudah ditentukan dilakukan dua kali ulangan meliputi sebelum dan sesudah dilakukannya bongkar muat.

Proses pengambilan air laut yang digunakan sebagai sampel dilakukan di titik yang sudah ditentukan yaitu Dermaga Nusantara. Pengambilan sampel air laut menggunakan alat bantu *water sampler* sebanyak 500 ml dan dimasukkan kedalam wadah yang sudah diberikan label informasi kemudian sampel diletakkan di dalam *cool box* untuk meminimalisir kontaminasi dengan zat lain. Kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji preparasi dan analisis kadar timbal (Pb) menggunakan AAS (Supriyantini dan Soenardjo, 2015). Menurut Roza dan Muhelni (2019),



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

yang menyatakan bahwa untuk menganalisa kandungan logam berat salah satunya yaitu timbal pada sampel air laut dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Selain itu menurut Suryono dan Djunaedi (2017), yang menyatakan bahwa dengan bantuan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), sampel air laut dapat diperiksa di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi logam beratnya.

Parameter Kualitas perairan yang secara umum dianalisis pada area perairan pelabuhan meliputi suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), pH, salinitas dan kecerahan. Suhu dan pH merupakan dua parameter yang sangat berpengaruh terhadap tingkat kadar logam berat yang ada pada air laut. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan thermometer, pengukuran *dissolved oxygen* menggunakan DO meter, pengukuran tingkat keasaman atau pH air laut menggunakan pH meter, pengukuran salinitas menggunakan refraktometer dan pengukuran tingkat kecerahan perairan menggunakan secchi disk. Data yang didapatkan berupa nilai parameter kualitas air dan kadar timbal (Pb) pada air laut. Data tersebut akan dianalisis secara deskriptif yang diinterpretasikan dalam bentuk tabel serta dibandingkan standar baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Area Pelabuhan serta KepMen Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan. Hasil yang didapatkan juga dibandingkan dengan penelitian serupa dan dianalisa faktor apa saja yang mempengaruhi hal tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh meliputi nilai kualitas air yang terdiri atas suhu, pH, dissolved oxygen (DO), kecerahan, salinitas dan hasil uji kadar logam berat timbal (Pb) pada air laut di perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Hasil dari analisa parameter kualitas perairan Demaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang menunjukkan nilai yang cukup beragam (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Kualitas Air dan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

Titik	Sampling	Suhu (°C)	pH	DO (mg/l)	Kecerahan (meter)	Salinitas (ppt)	Pb (mg/l)
Titik A (Utara)	Sampling 1	30,5	6,35	8,51	3,52	31	0,390
	Sampling 2	30,9	7,25	7,23	3,20	33	0,551
Titik B (Tengah)	Sampling 3	31,4	7,33	6,28	3,25	32	0,517
	Sampling 4	32,2	7,38	8,39	3,30	35	0,640
Titik C (Selatan)	Sampling 5	31,3	7,56	6,15	3,23	32	0,622
	Sampling 6	31,7	6,89	5,22	3,18	34	0,612
Standar Baku Mutu		alami	6,5 – 8,5	>5	>3	alami	0,05

Keterangan : a) Sampling 1, sampling 3 dan sampling 5 dilakukan sebelum aktivitas bongkar muat pelabuhan pukul 09.00 WIB; b) Sampling 2, sampling 4 dan sampling 6 dilakukan sesudah aktivitas bongkar muat pelabuhan pukul 15.00 WIB

Suhu pada perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang berada pada kisaran 30,5-32,2°C. Menurut KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan, standar baku mutu suhu pada suatu perairan yaitu alami. Standar alami tersebut yang dimana kondisi normal di alam dan bervariasi dalam sehari atau bervariasi karena musim menyesuaikan lingkungan perairan itu sendiri. Oleh karena itu, nilai analisis suhu yang diperoleh menunjukkan hasil yang baik sesuai dengan keadaan lingkungan yang ada. Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh nilai pH pada perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang berada pada kisaran 6,35-7,56. Menurut KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan nilai standar baku mutu yang ditetapkan yaitu 6,5-8,5. Hasil yang diperoleh pada analisis tersebut menunjukkan pada sampling pertama tidak memenuhi standar baku mutu dan pada sampling lain telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh nilai dissolved oxygen (DO) pada perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang berada pada kisaran 5,22-8,51 mg/l. Nilai tersebut bervariasi menyesuaikan keadaan lingkungan yang ada saat itu. Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh nilai kecerahan pada perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang berada pada kisaran 3,18-3,52 meter. Hasil yang diperoleh tergolong sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 mengenai penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 area Pelabuhan yang dimana standar baku mutu untuk kecerahan yaitu >3 meter. Kemudian nilai salinitas di perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang berada pada kisaran 31-35 ppt. Sesuai dengan KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan, standar baku mutu yang ditetapkan untuk salinitas yaitu alami atau kondisi normal di alam yang bervariasi dalam sehari atau karena musim.

Berdasarkan uji kadar logam timbal (Pb) yang ada pada air laut Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, didapatkan bahwa nilai kandungan logam timbal (Pb) pada air laut sangat bervariasi pada setiap kali dilakukan pengulangan. Hasil yang diperoleh pada sampel ke-1 mengandung logam timbal sebanyak 0,390 ppm dan ke-2 sebanyak 0,551 ppm. Kemudian sampel ke-3 nilai timbal adalah 0,517 ppm dan ke-4 sebesar 0,640 ppm. Selanjutnya sampel ke-5 adalah 0,622 ppm dan ke-6 sebesar 0,612 ppm. Sesuai dengan PP Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Pelabuhan hasil yang diperoleh tersebut menyatakan bahwa air laut pada perairan Dermaga Nusantara Pelabuhan Tanjung Emas Semarang mengandung logam timbal (Pb) yang telah melebihi standar baku mutu area pelabuhan yang telah ditetapkan sebesar 0,05 mg/l.

Adanya dampak penting terhadap kualitas perairan yang terjadi maka diperlukan adanya upaya pencegahan atau mitigasi yang dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir meningkatnya pencemaran laut. Menurut Siburian *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa keseimbangan ekosistem

laut dapat dipertahankan dan toksisitas lingkungan dapat dikurangi dengan tindakan yang dapat diambil untuk mengelola dampak penting pada kualitas perairan. Kemudian merujuk dalam Keputusan Menteri Perhubungan. 215 Tahun 1987 (1987), yang menyatakan setiap pelabuhan diharapkan memiliki *Reception Facilities*. Secara lebih spesifik fungsi *Reception Facilities* tersebut adalah sebagai fasilitas penerimaan limbah yang berasal dari berbagai sumber seperti toilet kapal, dapur kapal, mesin kapal dan limbah kargo. Kemudian *Reception Facilities* juga berfungsi sebagai wadah atau tempat untuk menyimpan limbah sementara sebelum diproses lebih lanjut. Selain itu fasilitas ini juga berfungsi sebagai tempat pengolahan limbah kapal yang diterima kemudian diproses dengan teknologi yang sesuai untuk memisahkan komponen berbahaya dan memprosesnya menjadi bahan yang lebih aman dan dapat di daur ulang Dengan adanya fasilitas penerimaan yang memadai di area pelabuhan dapat membantu memastikan bahwa limbah kapal tidak mencemari lingkungan dan merusak ekosistem laut. Hal tersebut juga dapat membantu menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat bagi masyarakat di sekitar pelabuhan.

Salah satu variabel yang dapat mempengaruhi munculnya pencemaran dalam air laut adalah adanya kegiatan pelabuhan seperti bongkar muat kapal. Hal tersebut terjadi ketika kegiatan yang menghasilkan limbah logam berat tidak dapat dikontrol dan akan menimbulkan penurunan kualitas air. Dengan adanya hal tersebut pemerintah Indonesia menerbitkan PP No. 21 Tahun 2010 mengenai Perlindungan Lingkungan Maritim. Peraturan tersebut disahkan dengan maksud untuk mencegah dan meminimalisir kontaminasi lingkungan air yang berasal dari berbagai aktivitas pelabuhan. Menurut Malison (2017), yang menyatakan bahwa langkah-langkah penanggulangan pencemaran laut area pelabuhan dapat dilakukan dengan koordinasi antar instansi pemerintah dan kepolisian maritim dalam menindak tegas kasus-kasus pencemaran laut. Kemudian dapat dilakukan dengan menjaga kelestarian lingkungan laut serta melakukan monitoring atau pengawasan untuk mencegah dan menanggulangi bahaya pencemaran laut. Upaya lain yang dapat dilakukan yaitu dengan mengurangi penggunaan produk yang mengandung timbal seperti penggunaan cat dan anti karat pelapis kapal. Kemudian dapat dilakukan dengan memperhatikan pengolahan limbah industri dengan baik dan benar untuk meminimalisir dampak terhadap lingkungan. Selain itu dapat dilakukan dengan mengurangi pencemaran dari aktivitas kapal yang dapat menyebabkan pencemaran timbal. Kemudian dapat dilakukan dengan meningkatkan kesadaran masyarakat dengan membuang sampah pada tempatnya, melakukan pengolahan sampah dan limbah dengan benar, serta mengurangi penggunaan bahan-bahan yang mengandung timbal. Selain itu dapat dilakukan dengan menggunakan alternatif yang lebih ramah lingkungan seperti penggunaan cat dan bahan bakar mesin yang tidak mengandung timbal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai parameter kualitas perairan yang meliputi suhu pada kisaran 30,5-32,2°C, pH pada kisaran 6,35-7,56, Dissolved Oxygen (DO) pada kisaran 5,22-8,51 mg/l, kecerahan pada kisaran 3,18-3,52 meter dan salinitas berada pada kisaran 31-35 masih tergolong dalam kategori aman sesuai dengan standar baku mutu air laut area pelabuhan yang ditetapkan dalam PP Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air laut yang telah dilakukan uji laboratorium di Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro berada pada kisaran 0,390-0,640 mg/l. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan sampel masih melebihi batas standar baku mutu yang ditetapkan dalam PP Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan KepMen LH Nomor 51 Tahun 2004 mengenai Baku Mutu Air Laut Pelabuhan. Oleh karena itu, perlu diadakannya perhatian khusus terhadap kandungan Pb yang telah melampaui batas serta pengawasan yang ketat terhadap tempat berlabuh kapal dan penggunaan bahan bakar. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dikatakan memberikan suatu indikasi bahwa aktivitas pelabuhan seperti bongkar muat batu bara, pasir dan log menggunakan alat berat seperti *excavator* dan *wheel loader*, kapal yang bersandar dan aktivitas kapal penumpang dapat mempengaruhi tingkat kadar timbal (Pb) pada air laut. Upaya yang dapat

dilakukan oleh pihak pelabuhan sebagai tindakan pencegahan pencemaran yaitu dapat dilakukan dengan menyediakan fasilitas penerimaan, menerapkan standar lingkungan, mengurangi penggunaan bahan bakar yang mengandung timbal, mengurangi penggunaan produk yang mengandung timbal seperti penggunaan cat dan anti karat pelapis kapal, pengelolaan limbah B3 yang baik dan benar, pendidikan dan kesadaran, penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan, serta pengawasan dan pemeriksaan secara teratur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hamuna, B., Tanjung, R.H., Maury, H.K., & Alianto, 2018, Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1):35–43. DOI: 10.14710/jil.16.135-43
- Malison, J. 2017. Penerapan PP Nomor 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Laut Dalam Rangka Kajian Pencemaran Laut Dari Kapal, *Jurnal Teknologi*, 16(2):2114–2121.
- Keputusan Menteri Negara Nomor 51 Tahun 2004, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut 1489, 2004.
- Keputusan Menteri Perhubungan No. 215 Tahun 1987, Keputusan Menteri Perhubungan No. 215 Tahun 1987 Tentang : Pengadaan Fasilitas Penampungan Limbah Dari Kapal, 1987.
- Nindyapuspa, A., & Ni'am, A.C. 2017. Distribusi Logam Berat Timbal di Perairan Laut Kawasan Pesisir Gresik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1):01–05. DOI: 10.29080/alard.v3i1.254
- Nurhamiddin, & Ibrahim, M.H. 2018. Studi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Sedimen Laut di Pelabuhan Bastiong Kota Ternate Propinsi Maluku Utara. *Jurnal Dintek*, 11(1):41-55.
- Patty, S.I., Yalindua, F.Y., & Ibrahim, P.S, 2021. Analisis Kualitas Perairan Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Air Laut. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1):113–122. DOI: 10.14710/jkt.v24i1.7596
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2010, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Maritim, 2010.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021.
- Ramli, Amir, R., & Djalla, A, 2018. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia dan Kesehatan*, 1(3):255-265. DOI: 10.31850/makes.v1i3.111
- Roza, S.Y., & Muhelni, L, 2019. Analisis Kandungan Cd, Cu dan Pb Pada Air Permukaan dan Sedimen Permukaan di Muara-Muara Sungai Kota Padang. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1):1-5. DOI: 10.24198/jaki.v4i1.18915
- Siburian, R., Simatupang, L., & Bukit, M, 2017. Analisis Kualitas Perairan Laut Terhadap Aktivitas di Lingkungan Pelabuhan Waingapu-Alor Sumba Timur. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(1), 225–233. DOI: <https://doi.org/10.24114/jpkm.v23i1.6639>
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1):38–45. DOI: 10.14710/jkt.v18i1.512
- Supriyantini, E., & Soenardjo, N, 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2):98–106. DOI: 10.14710/jkt.v18i2.520
- Suryono, C.A., & Djunaedi, D.A, 2017. Logam berat Pb, Cr dan Cd dalam Perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang, *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1):25–29. DOI: 10.14710/jkt.v20i1.1350
- Suryono, C.A., Widada, S., Rochaddi, B., Subagyo, S., Setyati, W.A., & Susilo, E.S, 2018. Kontaminasi Logam Berat Arsen, Mercury dan Magnesium pada Air Laut Sedimen dan Anadara inaequivalvis (*Mollusca: Bivalvia, Bruguiera*, 1792) di Perairan Brebes Jawa Tengah Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2):150-154. DOI: 10.14710/jkt.v21i2.3850

- Usman, A.F., Budimawan, & Budi, P. 2015. Kandungan Logam Berat Pb-Cd dan Kualitas Air di Perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep. *Jurnal Agrokompleks*, 4(9):103–108.
- Wibowo, A.B., & Cerlyawati, H. 2021. Analisa Kandungan Logam Cd, Pb, Zn Dan Cu pada Tangki Ballast Kapal Niaga di Pelabuhan Kendal dan Tanjung Mas Semarang. *Jurnal Maritim Polimarin*, 7(1):32–40. DOI: 10.52492/jmp.v7i1.47