



Analisis Kualitas Air Laut Terhadap Aktivitas Kapal Di Pelabuhan Surabaya Berdasarkan Parameter Anti-fouling

Miranda Putri Arianti¹, Kabul Fadilah^{1*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi: kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 16-10-2023
Disetujui: 24-10-2023
Diterbitkan: 31-10-2023

Kata Kunci:

biofouling, anti-fouling, pelabuhan, kualitas air laut

ABSTRAK

Aktivitas kapal di pelabuhan merupakan salah satu faktor dalam pengaruh kualitas air laut. Salah satunya yaitu dari cat anti-fouling yang mengandung senyawa untuk menghalau biofouling agar tidak menempel pada badan kapal. Fouling adalah pengendapan material pada bagian bawah garis air lambung kapal yang disebabkan oleh pertumbuhan tumbuhan dan hewan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aktivitas kapal dan penggunaan cat anti-fouling terhadap kualitas air laut di Pelabuhan Surabaya. Untuk mendukung uji kualitas air laut akibat aktivitas kapal di pelabuhan, dilakukan uji lab air laut pada Pelabuhan Surabaya dengan menyertakan data kapal perbulan. Hasil yang didapatkan yaitu kualitas air laut di Pelabuhan Surabaya memenuhi baku mutu dan tidak tercemar dengan melihat dari parameter TBT (*tributyltin*).

Received: 16-10-2023
Accepted: 24-10-2023
Published: 31-10-2023

Keywords:

biofouling, anti-fouling, port, seawater quality

ABSTRACT

Ship activities in the port are one of the factors influencing the quality of seawater. One such factor is the use of anti-fouling paint that contains compounds to prevent biofouling from adhering to the ship's hull. Fouling refers to the accumulation of materials on the lower part of a ship's waterline caused by the growth of plants and marine organisms. The aim of this study is to assess the impact of ship activities and the use of anti-fouling paint on the seawater quality in the Port of Surabaya. In order to support water quality tests due to ship activities in the port, laboratory tests were conducted at the Port of Surabaya, including monthly ship data. The results indicate that the seawater quality in the Port of Surabaya meets the standards and is not contaminated by looking at the TBT (*tributyltin*) parameters.

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan adalah fasilitas pelayanan yang digunakan untuk menerima dan mengirimkan kapal di sekitar dermaga, termasuk fasilitas untuk mengelola limbah. Menurut penjelasan yang diberikan dalam Pasal 1 Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009 tentang Kepelabuhan, Sebuah pelabuhan adalah wilayah yang melibatkan daratan dan lingkungan air di sekitarnya yang memiliki batas yang ditentukan. Area ini difungsikan untuk keperluan administrasi dan kegiatan ekonomi, seperti tempat sandar kapal, berhenti penumpang, dan proses memuat dan memuat barang. Selain itu, area ini memiliki sarana keselamatan maritim dan fasilitas yang mendukung operasional pelabuhan. Selain itu, pelabuhan juga berfungsi sebagai titik perpindahan untuk moda transportasi intra dan antar (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2009).

Secara umum, laut merupakan campuran yang kompleks dari berbagai zat organik, anorganik, dan elemen biologis yang memiliki potensi untuk memengaruhi struktur tetap, seperti tiang pancang dermaga dan jembatan antar pulau, serta struktur bergerak, seperti kapal laut. Korosi biasanya terjadi pada logam dan paduan yang terpapar dalam lingkungan laut (Salim, 2017). Di sisi lain, pertumbuhan organisme laut yang tidak diinginkan pada permukaan struktur, baik yang diam maupun bergerak, yang terpapar oleh lingkungan laut, merupakan masalah utama yang dikenal sebagai biofouling (Diego et al., 2004 ; Iswadi et al., 2022).

Fouling adalah pengendapan material pada bagian bawah garis air lambung kapal yang disebabkan oleh pertumbuhan tumbuhan dan hewan laut. Biofouling ini mungkin berdampak besar, terutama pada performa kapal, dengan efek seperti peningkatan gesekan saat berlayar, peningkatan frekuensi kebutuhan docking, dan penurunan efektivitas

sistem perlindungan dari korosi, khususnya pada bagian lambung kapal (Nuraini et al., 2017a).

Secara umum, lingkungan tropis di Indonesia memiliki potensi serangan korosi yang lebih tinggi terhadap berbagai jenis logam dibandingkan dengan daerah beriklim sedang atau kutub. Proses korosi dapat mengakibatkan larutnya logam (Priyotomo, 2022). Oleh karena itu, pencegahan biofouling dengan menggunakan anti-fouling menjadi sangat penting untuk menghindari dampak-dampak yang disebabkan oleh biofouling tersebut.

Anti-fouling adalah metode yang bertujuan untuk mencegah penumpukan kotoran atau menghambat pertumbuhan organisme di bawah garis air lambung kapal (Kojima et al., 2016). Salah satu metode yang sering digunakan adalah menerapkan lapisan istimewa atau cat pada bagian bawah kapal. Cat anti-fouling ini digunakan untuk melindungi permukaan lambung kapal agar tidak menjadi tempat melekatnya organisme laut seperti alga dan moluska, yang jika dibiarkan dapat menghambat pergerakan kapal dan meningkatkan konsumsi bahan bakar (Sundjono et al., 2017). Menurut definisi dari International Maritime Organization (IMO), "Sistem Anti-Fouling" merujuk kepada "lapisan, cat, perawatan permukaan, perangkat, atau metode yang digunakan pada kapal untuk mengontrol atau mencegah penempelan organisme yang tidak diinginkan".

Cat anti-fouling terdiri dari empat komponen kunci, yakni bahan penghambat pertumbuhan organisme laut (biosida), resin, pelarut, dan pigmen untuk memberikan warna. Di pasar, cat anti-fouling tersedia dalam tiga jenis utama:

1. Cat dasar lembut adalah jenis cat yang memiliki lapisan mengandung tembaga dan biasanya efektif pada perairan dengan suhu yang lebih rendah, di mana pertumbuhan organisme laut umumnya kurang aktif.
2. Cat dasar keras adalah cat anti-fouling yang mengandung lebih banyak biosida, terutama tembaga oksida, sehingga memiliki kemampuan lebih baik dalam membunuh mikroorganisme laut yang berpotensi merusak permukaan. Biasanya, tipe cat ini digunakan pada permukaan keras seperti yang terdapat pada kapal balap atau struktur konstruksi. Namun, harga cat ini cenderung lebih tinggi.
3. Cat anti-fouling ablatif memiliki fungsi serupa dengan cat dasar keras, tetapi memiliki daya tahan biosida yang lebih lama daripada jenis cat anti-fouling lainnya. Contoh penggunaan cat anti-fouling ini dapat ditemukan pada Jalan Tol Bali-Mandara, yang telah beroperasi sejak tahun 2013. Meskipun jalan ini dibangun di atas air, strukturnya tetap kokoh. Salah satu faktornya adalah penggunaan cat anti-fouling pada tiang pancang yang digunakan. Seperti yang umumnya diketahui, beton adalah bahan utama untuk pembuatan tiang jembatan di atas air. Namun, ketika terdapat biota laut menempel pada beton, itu dapat membuatnya lebih rentan terhadap kerusakan. Oleh karena itu, penggunaan cat anti-fouling menjadi penting untuk melindungi struktur ini dan mengendalikan pertumbuhan organisme yang merusak (Atlar et al., 2003).

Kualitas air laut yang berada di dalam aktivitas pelabuhan tentunya sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya dengan anti-fouling ini. Anti-fouling diketahui mengandung TBT (*tributyltin*) yang sangat berbahaya bagi

ekosistem yang ada di laut (Yebra et al., 2004). Maka dilakuakn penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air laut Pelabuhan Surabaya yang dipengaruhi aktivitas kapal dengan berdasar dari anti-fouling. Dengan banyaknya aktivitas kapal yang ada, maka tentunya penggunaan bahan anti-fouling dari cat kapal akan mempengaruhi kualitas air laut dari Pelabuhan Surabaya.

2. METODE

Dalam metode penelitian literature review ini, kami menguraikan penggunaan metode penelitian yang melibatkan analisis data dari berbagai sumber data yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Referensi yang diacu dalam penelitian ini menyajikan data mengenai sejumlah parameter yang berkaitan dengan cat anti-biofouling, termasuk ragam jenis cat tersebut, faktor-faktor lingkungan yang relevan, serta metode penilaian kualitas air laut dan parameter terkait yang digunakan untuk menilai kualitas air laut di Pelabuhan Surabaya. Selain itu, kami juga menggunakan hasil uji laboratorium terkait kualitas air laut dari PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 3 Gapura Surya Nusantara. Informasi yang diperoleh dari berbagai sumber ini juga memiliki relevansi penting terkait pertumbuhan biofouling dan perekatan struktur di perairan laut Indonesia. Referensi yang digunakan untuk mengumpulkan artikel yang relevan dalam review literature ini diperoleh melalui indeks seperti *Google Scholar*, *Scopus*, dan sumber-sumber lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di Indonesia, cat anti-fouling yang sering dipakai memiliki komposisi bahan dasar resin *kopolimer self-polishing metil metakrilat* bersamaan dengan penambahan biosida tembaga oksida (Sundjono et al., 2017). Biosida berbasis logam tembaga ini berperan dalam mengurangi pertumbuhan biota laut baik yang berskala mikro maupun makro (Priyotomo et al., 2022). Sebelum penggunaan pigmen biosida tembaga oksida (Cu_2O) dalam sistem cat anti-biofouling ditemukan, senyawa Tributyltin (TBT), yang termasuk senyawa organik yang mengandung logam timah (organotin), digunakan. Nilai maksimum senyawa TBT yang diperbolehkan dalam air laut telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, yaitu sebesar 0,01 ppm. Akan tetapi, pada tahun 2008, International Maritime Organization (IMO) secara global melarang penggunaan TBT dalam cat anti-biofouling.

Berdasarkan aktivitas kapal yang tercatat dalam periode bulan Januari – Maret 2023, didapatkan data berikut.

Tabel 1. Aktivitas kapal yang tercatat dalam periode bulan Januari – Maret 2023

No.	Nama Pelayaran	Januari	Februari	Maret
1	ALP (Atosim Lampung Pelayaran)	9 Kapal	9 Kapal	11 Kapal

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Pengukuran
Fisika				
Kecerahan	6,00	>3	m	22-074/IK/SMM-AAS
Kekeruhan	39,10	-	NTU	SNI 06.6989-25-2005
Sampah	Nihil	Nihil	-	-
Bau	Tidak Berbau	Tidak Berbau	-	Organoleptik

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Pengukuran
Kimia				
Raksa	0,002	0,003	mg/L	APHA 3112-2017
Kadium Terlarut	<0,0005	0,01	mg/L	APHA 3112-2017
Tembaga Terlarut	0,011	0,05	mg/L	APHA 3112-2017
Timbal Terlarut	0,01	0,05	mg/L	APHA 3112-2017

Sumber : Data Kedatangan Kapal Di Pelabuhan Surabaya Periode Januari – Maret 2023

Dapat disimpulkan setiap bulannya ada lebih dari 250 kapal yang beroperasi di Pelabuhan Surabaya. Hal ini tentunya berdampak pada kualitas air laut mengingat kapal menggunakan cat yang mengandung anti-fouling. Maka untuk mengetahui kandungan TBT dalam anti-fouling yang mempengaruhi kualitas air, dilakukan pengujian kualitas air laut dilakukan dengan mengambil 3 titik sampling. Dan didapatkan hasil berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Lab Kualitas Air Laut Pelabuhan Surabaya

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode Pengukuran
Fisika				
Kecerahan	6,00	>3	m	22-074/IK/SMM-AAS
Kekeruhan	39,10	-	NTU	SNI 06.6989-25-2005
Sampah	Nihil	Nihil	-	-
Bau	Tidak Berbau	Tidak Berbau	-	Organoleptik

Papatan tersuspensi total	70,20	80	mg/L	18-NON-11/MU/SMM-AAS (Gravimetri)
Suhu	30,50	Alami (28-32°C)	deg C	SNI-06-6989.23:2005
Lapisan Minyak	Nihil	Nihil	-	Visual
pH (Insitu)	8,20	6,5-8,5	-	18-NON-9/MU/SMM-AAS (pH Meter)
Salinitas	24,30	Alami	%o	APHA 2520-B-2017
Oksigen Terlarut (DO)	4,60	-	mg/L	SNI 06.2425-1991
BOD	2,16	-	mg/L	SNI 06-2503-1991
Amonia Total	< 0,016	0,3	mg/L	SNI 19.6964.3:2003
Nitrat	4,96	-	mg/L	SNI 19-6964.7.2003
Sulfida	< 0,0022	0,03	mg/L	SNI 19-6964.4.2003
Hidrokarbon Petroleum Total	<0,001	1	mg/L	18-1-28/SMM-AAS
Senyawa Fenol Total	<0,0002	0,002	mg/L	18-1-37/SMM-AAS
PBC (Poliklor Bifenil)	<0,0005	0,01	φg/L	18-1-43/SMM-AAS
Surfaktan (Deterjen)	<0,013	1	mg/L	Spektrofotometer
Minyak dan Lemak	1	5	mg/L	FT-IR
TBT (Tributyltin)	<0,004	0,01	φg/L	GCMSMS

Seng Terlarut	<0,0048	0,1	mg/L	APHA 3112-2017	baik atau tidak tercemar oleh senyawa tersebut. Hasil ini diperkuat oleh data penelitian tentang tingkat oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biokimia (BOD) yang masih sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan.
Mikrobiologi					
Coliform (total)	180	1000	Jml/100ml	SM APHA 23rd Ed 9222 B & J. 2017	

Sumber : Hasil Uji Lab Kualitas Air Laut Pelabuhan Surabaya

Kemampuan biota laut untuk berkembang biak meningkat ketika pH berada pada kisaran sekitar 8 dan suhu perairan melampaui 20°C (Breitburg et al., 2018). Secara umum, PH di dalam air laut secara umum bersifat alkalis karena mineral-mineral larut dan adanya penyangga alami dari senyawa karbonat dan bikarbonat yang hadir dalam lingkungan laut, ini berbeda dengan keadaan air di daratan. Sebaliknya, tingkat salinitas air yang berada dalam kisaran antara 32 ppt hingga 35 ppt sangat mendukung pertumbuhan biota laut, yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerusakan pada struktur bawah air. Kinerja cat anti-fouling juga dipengaruhi oleh tingkat salinitas (Elviliana et al., 2022).

Parameter oksigen terlarut juga memiliki dampak signifikan pada kehidupan biota, terutama di perairan laut. Kandungan oksigen yang larut dalam air dipengaruhi oleh suhu air, konsentrasi garam terlarut (salinitas), dan tekanan atmosfer. Kehadiran oksigen terlarut yang tinggi menunjukkan tingkat mikrobiologi yang cukup besar di dalam air laut di Pelabuhan Surabaya. Konsentrasi oksigen terlarut yang paling tinggi umumnya terjadi di bagian atas lapisan air karena paparan sinar matahari yang intens serta proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen dalam perairan (Leidonald et al., 2019).

Selain dari sumber yang telah disebutkan, pencemaran laut oleh senyawa organotin juga dapat disebabkan oleh penggunaannya dalam industri dan berbagai jenis biosida lainnya. Senyawa seperti TBT dan turunannya, seperti di-dan monobutyltin, juga dapat terdeteksi dalam limbah perkotaan dengan jumlah yang signifikan, dan seringkali terakumulasi di dalam lumpur dari fasilitas pengolahan limbah (peralatan penanganan limbah).

3. SIMPULAN

Di Indonesia, salah satu metode untuk menghambat aktivitas biofouling di perairan laut adalah dengan menerapkan cat anti-biofouling (AF). Secara umum, dalam cat anti-fouling, masih umum digunakan agen anti-fouling yang berasal dari biosida logam berat inorganik, seperti tembaga oksida (Cu₂O), di perairan laut. Karena alasan tersebut, diperlukan penelitian lebih lanjut pada tingkat nasional untuk mengeksplorasi opsi pengganti logam berat tembaga sebagai agen anti-fouling utama. Meskipun penggunaan anti-fouling memberikan manfaat dalam mengendalikan biofouling, hal ini juga memiliki dampak pada kualitas air laut.

Hasil penelitian yang dilakukan di Pelabuhan Surabaya menunjukkan bahwa konsentrasi TBT (Tributyltin) sangat rendah. Ini mengindikasikan bahwa tingkat pencemaran oleh TBT telah berkurang secara signifikan, dan kualitas organisme di perairan laut Pelabuhan Surabaya masih tetap

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, M., Callow, M. (2003). The development of foul-release coatings for seagoing vessels. *Journal of Marine Design and Operations* 4, 11-23.
- Breitburg, D., Levin, L.A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F.P., Conley, D.J., Garçon, V., Gilbert, D., Gutiérrez, D. and Isensee, K. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science* 359 (6371).
- Diego, Y., Kiil, S., Johansen, K.D. (2004). Anti-fouling technology-past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly anti-fouling coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50, 75-104.
- Elviliana, E., Suhartini, S., Hidayat, N., & Oechsner, H. (2022). A mini-review on anaerobic digestion of Indonesian macroalgae biomass: present scenario and future scope. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 5(2). <https://doi.org/10.21776/ub.afssaae.2022.005.02.5>
- Iswadi, A., Porter, J. S., Bell, M. C., Garniati, L., Harris, R. E., & Priyotomo, G. (2022). Establishing an Agenda for Biofouling Research for the Development of the Marine Renewable Energy Industry in Indonesia. *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 10, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/jmse10030384>.
- Kementrian Lingkungan Hidup RI, 2009. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2009 tentang Pengelolaan Limbah di Pelabuhan, Jakarta.
- Kojima, R., Miyata, O., Shibata, T., Senda, T. (2016). Leaching Phenomena of Anti-fouling Agents from Ships` Hull Paints. *Journal of Shipping and Ocean Engineering* 6, 269-278
- Laidlaw, F.B. (1952). The history of the prevention of fouling. *Marine Fouling and Its Prevention* 580, 211-22.
- Nuraini, L., Prifiharni, S., Priyotomo, G., Sundjono. (2017a). The corrosivity and performance evaluation of anti-fouling paint exposed in seawater Muara Baru Port, Jakarta. *J Phys Conf Ser*, 817, 012068.
- Nuraini, L., Prifiharni, S., Priyotomo, G., Sundjono, Gunawan, H. (2017b). Evaluation of anticorrosion and anti-fouling paint performance after exposure under seawater Surabaya-Madura (Suramadu) bridge. *AIP Conf Proc* 1823, 020101-1-020101- 7.
- Priyotomo, G. (2022). The behavior of metal release on 430 stainless steel cookware in citric acid solution by cyclic method. *AIP Conference Proceedings*, 2561. <https://doi.org/10.1063/5.0113749>.
- Priyotomo, G., Nuraini, L., H. Gunawan, H., Triwardono, J., Sundjono, Prifiharni, S. (2021). A Preliminary Field Study of Anti-fouling Paint Performance After Short Exposure in Mandara Bali, Indonesia. *International Journal of Engineering TRANSACTIONS A: Basics* 34(04),976-986.
- Priyotomo, G., Prifiharni, S., Nuraini, L., Royani, A., Sundjono, Gunawan, H. (2022). The Performance of Anti-fouling Paint for Prolonged Exposure in Madura

- Strait, East Java Province, Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology* 12(2), 732- 737.
- Salim Salim. (2019). Pencegahan Korosi Kapal Dengan Metode Pegecatan. Akademi Maritim Yogyakarta. Vol 17 No 2 (2019): Juli. <https://doi.org/10.33489/mibj.v17i2.213>.
- Sundjono, Priyotomo, G., Nuraini L, Prifiharni S. (2017). Corrosion behavior of mild steel in seawater from northern coast of java and southern coast of bali, Indonesia. *J Eng Technol Sci* 49(6), 770-784.
- Voulvoulis, N., Scrimshaw, M.D., Lester, J.N. (2002). Comparative environmental assessment of biocides used in anti-fouling paints. *Chemosphere* 47(7), 789-795.
- Sundjono, Priyotomo, G., Nuraini, L. (2017). The Selection of Magnesium alloys as Sacrificial Anode for the Cathodic Protection of Underground Steel Structure. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 51(2),78-82.
- Yebara, D.M., Kiil, S., Dam-Johansen, K. (2004). Anti-fouling technology— past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly anti-fouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 50(2),75-104.